

Aus dem Institut für Anatomie  
der Universität Rostock  
Direktor: Prof. Dr. med. Dr. rer. nat. Kipp

## Das Konnektom des Hirnstamms der Laborratte

Inauguraldissertation  
zur Erlangung des akademischen Grades  
Doktor der Medizin  
der Medizinischen Fakultät  
der Universität Rostock

vorgelegt von

Julia Beier

Rostock, 2020

Dekan: Prof. Dr. med. E. Reisinger

[https://doi.org/10.18453/rosdok\\_id00003371](https://doi.org/10.18453/rosdok_id00003371)

Dekan: Prof. Dr. med. E. Reisinger

1. Gutachter: Prof. Dr. O. Schmitt

2. Gutachter: Prof. Dr. U. Walter

3. Gutachter: Prof. Dr. S. Caspers



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Historische Aspekte und neuroanatomische Abgrenzung des Hirnstammes	1
1.2	Lage und Aufbau des Hirnstammes	2
1.3	Konnektom	6
1.4	Tract-Tracing	8
1.5	Nicht-Tracer basierte Methoden zur Erfassung von Konnektivitäten	9
1.6	Fragestellungen	11
<b>2</b>	<b>Material und Methoden</b>	<b>13</b>
2.1	Material	13
2.2	neuroVIISAS	14
2.3	Literaturauswertung	15
2.4	Tabellen	17
2.5	Regionenauswahl für Konnektivitätsanalysen	19
2.6	Konventionen zur Bezeichnung von Hirnregionen in dieser Arbeit	24
2.7	Visualisierung in Graphiken	24
2.8	Graphen und Netzwerke	24
<b>3</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>29</b>
3.1	Ausgewertete Publikationen	29
3.2	Neuroontologie des BS-Konnektoms	29
3.3	Konnektivitätsanalyse des unilateralen BS-Netzwerkes	29
3.3.1	Konnektivitätsmatrizen	29
3.3.2	Typische intrinsische Konnektivität des BS	32
3.3.3	Globale Eigenschaften des BS-Konnektoms	35
3.3.4	Beobachtungshäufigkeit, Verifikation und Validität	40
3.3.5	Reziproke Verbindungsstrukturen	45
3.3.6	Die BS-Distanzmatrix	47
3.3.7	Connectivity Matching Matrix	50
3.3.8	Communicability Matrix	53
3.3.9	Modularitätsanalyse	54
3.3.10	Lokale Konnektivitätsanalyse	56
3.3.11	Motiv-Analyse	61
3.3.12	Zyklenanalyse	65
3.3.13	Vulnerabilitätsanalyse	66
3.3.14	Rich-club Analyse	68
3.3.15	Hauptkomponentenanalyse lokaler Parameter	71
3.3.16	Metrische Multidimensionale Skalierung	74
3.3.17	Selbstorganisierende Karte (SOM)	75
3.3.18	Extrinsische Konnektivität	77
3.4	Das bilaterale BS-Konnektom	82
3.4.1	Konnektivitätsmatrizen	84
<b>4</b>	<b>Diskussion</b>	<b>90</b>
4.1	Zusammenfassung der Ergebnisse	90
4.2	Kritische Betrachtung der Literaturauswertung	93
4.3	Kritische Betrachtung der Ergebnisse	96
4.4	Kritische Betrachtung der Ergebnisse anderer Arbeitsgruppen	97
4.5	Alleinstellungsmerkmale der Konnektomanalyse des Hirnstamms der Ratte	97
4.6	Ausblick	98
4.7	Beantwortung der Fragestellung dieser Arbeit	98



<b>5</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>101</b>
<b>6</b>	<b>Tabellenanhang .....</b>	<b>108</b>
<b>7</b>	<b>Bildanhang.....</b>	<b>179</b>
<b>8</b>	<b>Thesen .....</b>	<b>188</b>
<b>9</b>	<b>Publikationen.....</b>	<b>190</b>
	<b>Erklärung.....</b>	<b>192</b>
	<b>Lebenslauf.....</b>	<b>193</b>
	<b>Danksagung .....</b>	<b>194</b>

## Abkürzungen

6	Abducens nucleus
7	Facial nucleus
10	Dorsal motor nucleus of vagus
10Cerv	Cervical vagus nerve
10n	Vagus nerve or its root
10Psub	Subdiaphragmatic vagus nerves
12GH	Hypoglossal nucleus geniohyoid part
12n	Root of hypoglossal nerve
12S	Hypoglossal nucleus
12SC	Caudal part of the hypoglossal nucleus
12SMM	Midline part of the hypoglossal nucleus
12Spre	Hypoglossal premotor areas
12Sprinmn	Hypoglossal nucleus motor neuron
12SVm	Medial subcompartment of the ventral compartment of the hypoglossal nucleus
3n	Oculomotor nerve or its root
3PC	Oculomotor nucleus parvicellular part
4n	Trochlear nerve or its root
4Sh	Trochlear nucleus shell region
5ADT	Motor trigeminal nucleus anterior digastric part
5Gn	Trigeminal ganglion
5GnCOM	Caudal area of the ophthalmomaxillary region of the trigeminal ganglion
5GnMa	Mandibular region of the trigeminal ganglion
5GnMaEm	Mandibular region of the trigeminal ganglion at the level of the entry of the mandibular nerve
5GnROM	Rostral area of the ophthalmomaxillary region of the trigeminal ganglion
5GnS	Superficial part of the trigeminal ganglion
5GnV2	Maxillary region of the trigeminal ganglion
5Ma	Motor trigeminal nucleus masseter part
5MHy	Motor trigeminal nucleus mylohyoid part
5Pt	Motor trigeminal nucleus pterygoid
5Sol	Trigeminal solitary transition zone
5SSC	Trigeminal subnucleus caudalis
5SSCD	Dorsal part of the pars caudalis of the trigeminal nucleus
5SSCL1	Trigeminal subnucleus caudalis lamina 1
5SSCL3	Trigeminal subnucleus caudalis lamina 3
5SSCL4	Trigeminal subnucleus caudalis lamina 4
5SSCL5	Trigeminal subnucleus caudalis lamina 5
5SSCV	Trigeminal subnucleus caudalis ventral part
5Te	Motor trigeminal nucleus temporal part
5Tr	Trigeminal transition zone
5TT	Motor trigeminal nucleus tensor tympani part
6n	Root of abducens nerve
6RB	Abducens nucleus retractor bulbi part
7c	Facial nucleus caudal part
7DI	Facial nucleus dorsal intermediate subnucleus
7DL	Facial nucleus dorsolateral subnucleus
7DM	Facial nucleus dorsomedial subnucleus
7fn	Facial nerve
7fnc	Cervical branch of the facial nerve
7fnp	Facial nerve posterior branch
7fnpa	Posterior auricular branch of the facial nerve
7fnz	Zygomatic branch of the facial nerve
7i	Facial nucleus intermediate part
7L	Facial nucleus lateral subnucleus
7M	Facial nucleus medial part
7ni	Nervus intermedius component of the facial nerve
7ros	Facial nucleus rostral part
7SH	Facial nucleus styloid part
7VI	Facial nucleus ventral intermediate subnucleus
7VM	Facial nucleus ventromedial subnucleus
8cn	Cochlear root of the vestibulocochlear nerve

8n	Vestibulocochlear nerve
8vn	Vestibular root of the vestibulocochlear nerve
9n	Glossopharyngeal nerve
9Sr	Glossopharyngeal rootlet
A1	A1 noradrenergic cells
A2	A2 noradrenergic cells
A35	Perirhinal cortex
A35	Medial habenular nucleus
A5	A5 noradrenaline cells
A5	Spinal cord layer 2 T13
A7	A7 noradrenaline cells
Ac	Accumbens nucleus
AC	Amygdaloid complex
AcbC	Accumbens nucleus core
AcbCM	Caudomedial accumbens
AcbCr	Rostral core
AcbM	Medial accumbens
AcbSh	Accumbens nucleus shell
AcbShm	Medial accumbens shell
ACC	Ventrolateral periaqueductal gray rostral part
ACC	Anterior cingulate cortex
Acl	Lateral nucleus accumbens
Acs7	Accessory facial nucleus
AEMCx	Ankle extension motor cortex
aemn	Anterior ethmoidal nerve
AGl	Lateral agranular prefrontal cortex
AGm	Medial agranular prefrontal cortex
AHA	Anterior hypothalamic area
AI	Agranular insular cortex
AID	Agranular insular cortex dorsal part
AIN	Anterior interposed nucleus
AINL	Anterior interposed nucleus lateral part
AINM	Anterior interposed nucleus medial part
AIPd	Agranular insular cortex posterior part depressor site
AmbC	Ambiguus nucleus compact part
AmbL	Ambiguus nucleus loose part
Ambno	Ambiguus nucleus nonoesophageal part
Ambppp	Ambiguus nucleus palatopharyngeal portion
AmbR	Ambiguus nucleus rostral part
AmbSC	Ambiguus nucleus subcompact part
AmbSeC	Ambiguus nucleus semicompact formation
AOBc	Accessory olfactory bulb caudal part
aorticn	Aortic nerve
AOSdt	Dorsal terminal nucleus of the accessory optic system
AP	Area postrema
aPavPo	Paraventricular hypothalamic nucleus anterior parvicellular subdivision
APIRC	Anterior piriform cortex
APT	Anterior pretectal nucleus
APTca	Anterior pretectal nucleus caudal part
APTro	Anterior pretectal nucleus rostral part
Arc	Arcuate nucleus
ArcVM	Septohypothalamic nucleus
asc7	Ascending fibers of the facial cranial nerve
ASCi	Anterior part of superior colliculus intermediate layers
AStrrc	Amygdalostratial transition area rostrocaudal part
ATg	Anterior tegmental nucleus
ATg	Parabrachial nucleus
ATN	Anterior group of the dorsal thalamus
AU	Auditory regions
Au1	Primary auditory cortex
Au1AD	Dorsal part of anterior primary auditory cortex
Au1av	Primary auditory cortex anteroventral part

Au1Ce	Center of the primary auditory cortex
Au1cv	Primary auditory cortex caudoventral part
Au1D	Dorsal primary auditory cortex
Au1L5b	Primary auditory cortex layer 5 b
Au1L5mi	Primary auditory cortex middle part of layer 5
Au1MDRL5	Dorsorostral part of the medial primary auditory cortex layer 5
Au1MVC	Ventrocaudal part of the medial primary auditory cortex
Au1PV	Ventral part of the posterior field of the primary auditory cortex
Au1RL5b	Primary auditory cortex rostral part layer 5b
Au2R	Rostral half of the secondary auditory cortex
AuD	Secondary auditory cortex dorsal area
AutoCsn	Carotid sinus nerve
AutoGsm	Submandibular ganglion
AutoNoG	Nodose ganglion
AutoParGPT	Pterygoid ganglion
AutoPpG	Pterygopalatine ganglion
AutoVsn	Supranodosal vagus nerve
AV	Anteroventral thalamic nucleus
AVC	Anterior part of the ventral cochlear nucleus
AVCOND	Dorsal part of the anteroventral cochlear nucleus
AVCONv	Ventral part of the anteroventral cochlear nucleus
AVPV2	Anteroventral periventricular nucleus 2
B9	B9 serotonin cells
BAF	Basal forebrain
Bar	Barringtons nucleus
bic	Brachium of the inferior colliculus
BIC	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus
BICOL	Basal part of the inferior colliculus
BL	Basolateral amygdaloid nucleus
BL	Tympanic bulla
BmcR	Laterodorsal tegmental nucleus
BNSTvL	Bed nucleus of the stria terminalis ventral lateral part
Bo	Boetzing complex
bsc	Brachium of the superior colliculus
BST	Bed nucleus of the stria terminalis
BSTcvih	Caudo-ventral extension of the intrahypothalamic component of the bed nucleus of the stria terminalis
BSTDL	Bed nucleus of the stria terminalis dorsolateral part
BSTLD	Bed nucleus of the stria terminalis lateral division dorsal part
BSTmc	Bed nucleus of the stria terminalis magnocellular nucleus
BSTpr	Bed nucleus of the stria terminalis principal nucleus
BSTsco	Bed nucleus of the stria terminalis supracommissural part
BSTSl	Supracapsular bed nucleus of the stria terminalis lateral part
BSTV	Bed nucleus of the stria terminalis posterior division ventral nucleus
BVNT	Basal portion of the ventral complex of thalamic nuclei
C1	C1 adrenaline cells
c1c2a	C1 C2 anastomosis suboccipital nerve dorsal spinal nerve C2
C1ZO	C1-zone
C2	C2 adrenaline cells
C3	C3 adrenaline cells
CA3	Field CA3 of hippocampus
CaBo	Carotid body
CauT	Caudal thalamus
ccAGm	Caudal portion of the caudal medial agranular prefrontal cortex
Ce	Central amygdaloid nucleus
CEC	Cerebral cortex
CeCvC3	Central cervical nucleus C3
CeCvC4	Central cervical nucleus C4
CeCvC5	Central cervical nucleus C5
CeCvC6	Central cervical nucleus C6
CeL	Central amygdaloid nucleus lateral division
CeM	Central amygdaloid nucleus medial division
CeMR	Central amygdaloid nucleus medial division rostral part

CERcndI	Dorsolateral hump
CERCPAL8	Paravermal area lobule 8
CEREBH	Cerebellar hemisphere
CERlc	Interstitial cell groups
CERL	Lateral cerebellar nucleus
CERL1	Cerebellar lobule 1
CERL10im	Intermediate part of nodulus
CERL10imM	Intermediate to the medial part of the nodulus
CERL10La	Lateral part of the nodulus
CERL10mC	Midline part of the nodulus at the caudal level
CERL10mL	Mediolateral level of the nodulus
CERL2	Cerebellar lobule 2
CERL3	Cerebellar lobule 3
CERL3aC3	Cerebellar lobule 3a zone C3
CERL4	Cerebellar lobule 4
CERL5	Cerebellar lobule 5
CERL6	Cerebellar lobule 6
CERL6c	Cerebellar lobule 6c
CERL8	Cerebellar lobule 8
CERL8C2	Cerebellar lobule 8 zone C2
CERL9	Cerebellar lobule 9
CERL9acM	Cerebellar lobule 9a close to midline
CERL9bZ	Cerebellar lobule 9b zones
CERL9ccM	Cerebellar lobule 9c close to midline
CERLD	Dorsal part of lateral cerebellar nucleus
CERldI	Lateral cerebellar nucleus dorsolateral magnocellular portion
CERpin	Posterior interposed nucleus
CERpinSC	Small cell region of the posterior interposed nucleus
CEXA	Central extended amygdala group
CFMA	Caudal forelimb motor area
Cg	Cingulate cortex
CG	Dorsolateral reticular formation
CGA	Central gray alpha part
CGB	Central gray beta part
CGDL	Central gray dorsolateral part
CGG	Central gray gamma part
CGMint	Dentate gyrus
CGMvm	Central gray mesencephalic part ventromedial part
CGMvm	Paraventricular hypothalamic nucleus parvicellular part [Periventricular zone anterior region]
CGP	Central gray pons part
CI	Caudal interstitial nucleus of the medial longitudinal fasciculus
CIC	Central nucleus of the inferior colliculus
cic	Commissure of the inferior nucleus
CICC	Center of the central nucleus of the inferior colliculus
CICD	Central nucleus of the inferior colliculus dorsal part
CICR	Central nucleus of the inferior colliculus rostral part
CICV	Central nucleus of the inferior colliculus ventral part
CICVM	Ventromedial part of the central nucleus of the inferior colliculus
CIF	Compact interfascicular nucleus
Cistcm	Cisterna cerebellomedullaris
CLi	Caudal linear nucleus of the raphe
clI	Commissure of the lateral lemniscus
CLTF	Caudal lateral tegmental field
CM	Central medial thalamic nucleus
CMAM	Mammillary body
cmCG	Caudal most central grey
cmTGA	Caudal magnocellular tegmental field
CnFD	Cuneiforme nucleus dorsal part
CnFI	Cuneiforme nucleus intermediate part
CnFm	Cuneiforme nucleus medial part
CnFV	Cuneiforme nucleus ventral part
CO	Cochlea

Com	Commissural nucleus of the inferior colliculus
CON	Cochlear nucleus
CONim	Cochlear nucleus intermediate part
cop	Commissure of Probst
CopC1e1+	Copula of the pyramis C1 e1+ zebrin zone
CORN	Cochlear root neurons
CPO	Caudal periolivary nucleus
CPu	Caudate putamen
CPuc	Caudal striatum
CPud	Dorsal striatum
CPudmd	Dorsally in the medial part of the dorsal striatum
CPur	Rostral striatum
CPurd	Rostrodorsal striatum
CPuv	Ventral striatum
CrisVHC	Vestibular hair cells of crista
Crus1	Ansiform lobule crus 1
Crus1pv	Paravermal region of crus 1
Crus2	Ansiform lobule crus 2
Crus2aP-5a	Ansiform lobule crus 2a zebrin negative bands P- 5a
CS1	Cervical segment 1
CS2	Cervical segment 2
CS3	Cervical segment 3
CS5	Cervical segment 5
CS6	Cervical segment 6
CS7	Cervical segment 7
csc	Commissure of the superior colliculus
CSegEd	Cervical enlargement dorsal horn
csLn	Caudal branch of the superior laryngeal nerve
Ct	Conterminal nucleus
CTCL	Caudal tectal longitudinal column
Cu	Cuneate nucleus
CuLa	Cuneate nucleus lateral part
CuMED	Cuneate nucleus medial part
CuR	Cuneate nucleus rotundus part
CVL	Caudovernal reticular nucleus
CVLMI	Caudal ventrolateral medulla lateral part
CVLP	Caudal ventrolateral pons
CVMeO	Caudal ventral medulla oblongata
CVMMCM	Caudovernal border of the medial cerebellar nucleus middle subdivision
CVRG	Caudovernal respiratory group
DA	Dorsal hypothalamic area
DA	Lateral part of the caudal perifornical area
das	Dorsal acoustic stria
DBB	Diagonal band of Broca
DC	Dorsal cochlear nucleus
DCDp	Dorsal cochlear nucleus deep core
DCeN	Cerebellar nuclei
DCFu	Dorsal cochlear nucleus fusiform layer
DCIC	Dorsal cortex of the inferior colliculus
DCICmLL2	Dorsal cortex of the inferior colliculus midlevel part layer 2
DCNsL	Dorsal cochlear nucleus superficial layer
DDG	Dorsal hippocampus dentate gyrus
DG	Central gray mesencephalic part intercollicular level
DG	Dentate gyrus
DGI	Dorsal granular insular cortex
DHC2	Dorsal horn C2
DHC4	Dorsal horn C4
DHL1	Dorsal horn1
DHL3	Dorsal horn3
DHL6	Dorsal horn6
DHT1	Dorsal horn T1
DHT13	Dorsal horn T13

DHT7	Dorsal horn T7
Dlv	Visceral dysgranular insular cortex
DlvCotC	Caudal part of the caudal one-third of the dysgranular insular cortex
DlvCotMi	Middle part of the caudal one-third of the dysgranular insular cortex
Dk	Nucleus of Darkschewitsch
DLGI	Dorsal geniculate nucleus lateral part
DLL	Dorsal nucleus of the lateral lemniscus
DLOFC	Dorsolateral orbitofrontal cortex
DLPAG	Dorsolateral periaqueductal gray
DLRF	Posterior part of the parvicellular reticular nucleus rostral portion
DLRF	Dorsolateral reticular formation
DLRF	Central gray
DLTN	Dorsal tegmental nucleus lateral part
DM	Dorsomedial hypothalamic nucleus [Medial zone]
DMDM	Dorsomedial hypothalamic nucleus dorsomedial part
DMHp	Dorsomedial nucleus posterior part
DMHy	Dorsomedial hypothalamic nucleus
DMHyA	Dorsomedial hypothalamic area
DMPAG	Dorsomedial periaqueductal gray
DMrhc	Area lateralis hypothalamicus posterior [Regio hypothalamus caudalis]
DMSp5	Dorsomedial spinal trigeminal nucleus
DMTg	Dorsomedial tegmental area
DoLaP	Dorsolateral pons
DP	Dorsal peduncular cortex
DPAG	Dorsal periaqueductal gray
DPAGC	Dorsal periaqueductal gray caudal part
DPAGC2	Dorsal periaqueductal gray column 2
DpG	Deep gray layer of the superior colliculus
DPGi	Dorsal paragigantocellular nucleus
DpMe	Deep mesencephalic nucleus
DpMei	Deep mesencephalic nucleus intermediate
DpMeM	Deep mesencephalic nucleus medial part
DPO	Dorsal periolivary region
DPPn	Dorsal peduncular pontine nucleus
DpWh	Deep white layer of the superior colliculus
DRC	Dorsal raphe nucleus caudal part
DRcmip	Dorsal raphe nucleus caudal midline
DRD	Dorsal raphe nucleus dorsal part
DRDc	Dorsal raphe nucleus dorsal core
DRdm	Dorsal raphe nucleus dorsomedial subdivision
DRF	Dorsal reticular formation
DRGC2	Dorsal root ganglion C2
DRGC6	Dorsal root ganglion C6
DRGL2	Dorsal root ganglion2
DRGL3	Dorsal root ganglion3
DRGL4	Dorsal root ganglion4
DRI	Dorsal raphe nucleus interfascicular part
DRIw	Dorsal raphe nucleus lateral wing
DRmLF	Dorsal raphe nucleus medial longitudinal fasciculus subdivision
DRpm	Dorsal raphe nucleus paramedian part
DRr	Dorsal raphe nucleus rostral part
DRV	Dorsal raphe nucleus ventral part
DRV	Subcoeruleus nucleus ventral part
DRvmec	Dorsal raphe nucleus ventromedial subdivision caudal part
dsmdl	Dorsal surface of the medial portion of the medial lemniscus
DTg	Dorsal tegmental nucleus
DTgC	Dorsal tegmental nucleus central part
DTgP	Dorsal tegmental nucleus pericentral part
DTgVM	Dorsal tegmental nucleus ventromedial part
DTgVVM	Ventromedial part of the ventral aprt of the dorsal tegmental nucleus
dtgx	Dorsal tegmental decussation
E5	Ectotrigeminal nucleus

ECIC	External cortex of the inferior colliculus
ECICC	External cortex of the inferior colliculus caudal part
ECICL1	External cortex of the inferior colliculus layer 1
ECICL2	External cortex of the inferior colliculus layer 2
ECICL3	External cortex of the inferior colliculus layer 3
ECICrL1	External cortex of the inferior colliculus rostral part layer 1
ECICrL2	External cortex of the inferior colliculus rostral part layer 2
ECICrL3	External cortex of the inferior colliculus rostral part layer 3
ECu	External cuneate nucleus
EF	Epifascicular nucleus
ELm	Epilemniscal nucleus
ERS	Epirubrospinal nucleus
EVe	Nucleus of origin of efferents of the vestibular nerve
EW	Edinger Westphal nucleus
EWD	Edinger Westphal nucleus dorsal part
EXA	Extended amygdala
F	Nucleus of the fields of Forel
Fl	Flocculus
Flcm	Caudalmost part of the flocculus
FIR	Rostral part of the flocculus
FMCx	Forelimb motor cortex
FPCbAGI	Frontoparietal cortex at the border between lateral agranular prefrontal cortex and primary somatosensory cortex
FPI	Frontal polar cortex lateral part
fr	Fasciculus retroflexus
Fr2	Frontal cortex area 2
FrADL	Frontal association cortex dorsolateral
FS	Fundus of the striatum
Fu	Bed nucleus of the stria terminalis fusiform part
FVe	F cell group of the vestibular complex
G	Gelatinosus thalamic nucleus
g7	Genu of the facial nerve
gcbbvdcON	Granule cell lamina border between ventral and dorsal cochlear nucleus
Ge5	Gelatinous layer of the caudal spinal trigeminal nucleus
GI	Granular insular cortex
GiA	Gigantocellular reticular nucleus alpha part
GICotC	Caudal part of the caudal one-third of the granular insular cortex
GICotM	Middle part of the caudal one-third of the granular insular cortex
GirL	Gigantocellular reticular nucleus lateral part
GiV	Gigantocellular reticular nucleus ventral part
GPc	Caudal globus pallidus
Gr	Gracile nucleus principal part
Gra	Gracile
GrC	Granular layer of the cochlear nuclei
GrVtt	Ventral two-thirds of the gracile nucleus
HAB	Habenula
HCG	Horizontal cell group of the lateral lemniscus
HDB	Nucleus of the horizontal limb of the diagonal band
HDB	Medial mammillary nucleus medial part
HFMCx	Hip flexion motor cortex
HIPP	Hippocampus
HIPPd	Dorsal hippocampus
HIPPv	Ventral hippocampus
HMCx	Hindlimb motor cortex
HYPO	Hypothalamus
I5	Intertrigeminal nucleus
I8	Interstitial nucleus of the vestibulocochlear nerve
ialv	Inferior alveolar nerve
IB	Interstitial nucleus of the medulla oblongata
icHYPO	Incerto hypothalamic area
ICN	Interposed cerebellar nuclei
ICNC	Interposed cerebellar nuclei caudal part
ICNM	Interposed cerebellar nuclei medial part



ICNMC	Medial part of the caudal interpositus nucleus
ICNR	Interposed cerebellar nuclei rostral part
ICNRoL	Lateral part of interposed cerebellar nuclei rostral part
ICOL	Inferior colliculus
ICOLCV	Ventral division of the caudal inferior colliculus
ICOLDL	Inferior colliculus dorsolateral part
ICOLDLdc	Dorsocaudal region near the dorsal cortex and lateral cortex border
ICUN	Intracuneiform nucleus
ICX	Insular cortex
ICXR	Insular cortex rostral part
IF	Interfascicular nucleus
IGL	Intergeniculate leaf
IHCG	Intermediate hypothalamic cell groups
II	Intermediate interstitial nucleus of the medial longitudinal fasciculus
IL	Infralimbic cortex
ILCaL5	Infralimbic cortex caudal part layer 5
ILL	Intermediate nucleus of the lateral lemniscus
ILL6	Infralimbic cortex layer 6
ILN	Intralaminar nuclei
IML	Intermediolateral cell column
IMLF	Interstitial nucleus of medial longitudinal fasciculus
IMLL4	Intermediolateral cell column4
IMLL6	Intermediolateral cell column6
IMLL6	Intermediolateral cell column6 R
IMLp	Intermediolateral cell column pars principalis
IMLT1	Intermediolateral cell column T1
IMLT2	Intermediolateral cell column T2
IMLT3	Intermediolateral cell column T3
IMLT4	Intermediolateral cell column T4
IMLT5	Intermediolateral cell column T5
IMLT6	Intermediolateral cell column T6
IMLT8	Intermediolateral cell column T8
IMLT9	Intermediolateral cell column T9
IMMC1	Intermediomedial cell column C1
IMMC6	Intermediomedial cell column C6
IMMC8	Intermediomedial cell column C8
IMML1	Intermediomedial cell column1
IMML2	Intermediomedial cell column2
IMML6	Intermediomedial cell column6
IMMS2	Intermediomedial cell column S2
IMMT6	Intermediomedial cell column T6
In	Intercalated nucleus of the medulla
InC	Interstitial nucleus of Cajal
InCo	Intercollicular nucleus
InCSH	Interstitial nucleus of Cajal shell region
InG	Intermediate gray layer of the superior colliculus
InMe	Intermediate nucleus of the medulla
iNVN	Interstitial nucleus of the vestibular nerve
InWh	Intermediate white layer of the superior colliculus
IOA	Inferior olive subnucleus A of medial nucleus
IOarc	Arcuate subnucleus of the inferior olive
IOB	Inferior olive subnucleus B of medial nucleus
IOBe	Inferior olive beta subnucleus
IOC	Inferior olive subnucleus C of medial nucleus
IOD	Inferior olive dorsal nucleus
IODM	Inferior olive dorsomedial cell group
IOdmc	Inferior olive dorsomedial cell column
IOK	Inferior olive cap of Kooy of the medial nucleus
IOMr	Inferior olive medial nucleus rostral part
IOPr	Inferior olive principal nucleus
IOVL	Inferior olive ventrolateral protrusion
IP	Interpeduncular nucleus

IP	Substantia nigra lateral part
IPAC	Interstitial nucleus of the posterior limb of the anterior commissure
IPACM	Interstitial nucleus of the posterior limb of the anterior commissure medial part
IRt	Intermediate reticular nucleus
IRtA	Intermediate reticular nucleus alpha part
IRtD	Dorsal intermediate reticular nucleus
IS	Inferior salivatory nucleus
isRT	Isthmic reticular formation
IVN	Inferior vestibular nucleus
IVNi	Inferior vestibular nucleus intermediate part
izVHC1	Intermediate zone C1
izVHC3	Intermediate zone C3
JMCx	Jaw movement motor cortex
JPVC	Juxtaparaventricular part caudal [Lateral hypothalamic area [Preoptic anterior region]]
Jx5	Juxtatrigeminal area
JxO	Juxtaolivary nucleus
KF	Koelliker Fuse nucleus
L1	Lumbar segment 1
L1vm	Lumbar segment 1 ventromedial part
L5	Lumbar segment 5
LatPC	Lateral cerebellar nucleus parvicellular part
LC	Locus coeruleus
LCca	Locus coeruleus caudal part
LCD	Locus coeruleus dorsal part
LD	Laterodorsal thalamic nucleus
LDTg	Laterodorsal tegmental nucleus
LDTg	Basal magnocellular nucleus rostral pole
LDTgV	Laterodorsal tegmental nucleus ventral part
lfp	Longitudinal fasciculus of the pons
LGD	Dorsal portion of the lateral geniculate complex
LGL	Lateral geniculate body lateral part
LH	Lateral hypothalamic area
LHA	Lateral zone
LHAmper	Lateral hypothalamic area medial part [Preoptic anterior region]
LHAsiLs	Lateral hypothalamic area supraformical region at the level of the internal lateral subnucleus
LHAVp	Lateral hypothalamic area ventral part
LHb	Lateral habenular nucleus
LHBAM	Anterior subnucleus of the medial subdivision of the lateral habenular nucleus
LHbL	Lateral habenular nucleus lateral part
LHBMCe	Central subnucleus of the medial part of the lateral habenular nucleus
LHBMMg	Lateral habenular nucleus medial part marginal subnucleus
LHc	Lateral hypothalamic area caudal part
LHd	Lateral hypothalamic area dorsal part
LHdc	Lateral hypothalamic area dorsal part caudal level
LHLZM	Lateral hypothalamic area [Lateral zone mammillary level]
LHP	Lateral hypothalamus posterior part
Li	Linear nucleus of the medulla
ll	Lateral lemniscus
LLLSO	Lateral limb of the lateral superior olive
llvhv	Ventral part of the ventral half of the lateral lemniscus
LM	Lateral mammillary nucleus
LMo5	Lateral part of the motor trigeminal nucleus
LNTB	Lateral nucleus of the trapezoid body
LO	Lateral orbital cortex
LP	Lateral posterior thalamic nucleus
LPAG	Lateral periaqueductal gray
LPBC	Lateral parabrachial nucleus central part
LPBCr	Lateral parabrachial nucleus crescent part
LPBD	Lateral parabrachial nucleus dorsal part
LPBD	Parasolitary nucleus
LPBE	Lateral parabrachial nucleus external part
LPBGiA	Lateral paragigantocellular nucleus alpha part

LPBGiE	Lateral paragigantocellular nucleus external part
LPBI	Lateral parabrachial nucleus internal part
LPBS	Lateral parabrachial nucleus superior part
LPBV	Lateral parabrachial nucleus ventral part
IPFC	Lateral prefrontal cortex
LPGi	Lateral paragigantocellular nucleus
LPGirf	Lateral paragigantocellular nucleus retrofacial part
LPO	Lateral preoptic area
LPOm	Lateral preoptic area medial part
LPPa	Paraventricular hypothalamic nucleus lateral parvocellular part
LPPaC	Caudally in the paraventricular hypothalamic nucleus lateral parvocellular part
LRtPC	Lateral reticular nucleus parvicellular part
LRtr	Lateral reticular nucleus rostral part
LRtS5	Lateral reticular nucleus subtrigeminal part
LS	Lateral septal nucleus
LSO	Lateral superior olive
LSpL1	Lateral spinal nucleus1
LSpL2	Lateral spinal nucleus2
LSpL3	Lateral spinal nucleus3 R
LSpT2	Lateral spinal nucleus T2
LSpT7	Lateral spinal nucleus T7
LSr	Lateral septal nucleus rostral part
LSSC	Lumbosacral spinal cord
LSuOrW	Large supraorbital vibrissae
LTeN	Lateral terminal nucleus of the accessory optic tract
LTGA	Lateral tegmental area
Lth	Lithoid nucleus
LTN	Lateral tegmental nucleus
LTNmclrvL	Lateral tegmental nucleus medial aspect of C1 area of RVL
LVe	Lateral vestibular nucleus
LVERM	Lateral vermis
LVPO	Lateroventral periolivary nucleus
M	Motoric regions
m5	Motor root of the trigeminal nerve
MA3	Medial accessory oculomotor nucleus
MacVHC	Vestibular hair cells of macula
MAS	Midline apneic site
MD	Mediodorsal thalamic nucleus
MdDc	Nucleus medullae oblongatae centralis
MdDd	Medullary reticular nucleus dorsal part
MdH	Medial division of the hypothalamus
MDL	Mediodorsal thalamic nucleus lateral part
MdL	Medullary reticular nucleus lateral part
MdV	Medullary reticular nucleus ventral part
Me5	Mesencephalic trigeminal nucleus
me5	Mesencephalic trigeminal tract
MEA	Midbrain extrapyramidal area
MEC	Mesencephalon
Med	Medial cerebellar nucleus
Medc	Medial cerebellar nucleus caudal part
MedCM	Medial cerebellar nucleus caudalmedial part
Medcv	Medial cerebellar nucleus caudoventral part
MedDL	Medial cerebellar nucleus dorsolateral protuberance
MedDLC	Caudal part of the medial cerebellar nucleus dorsolateral protuberance
MedmC	Caudal part of the middle part of the fastigial nucleus
MedmR	Rostral part of the middle part of the fastigial nucleus
MedR	Medial cerebellar nucleus rostral part
MeLa	Medial amygdaloid nucleus lateral part
MEnt	Medial entorhinal cortex
MeObR	Medulla oblongata rostral part
MeObRV	Medulla oblongata rostroventral
MES	Spinal cord

MESL1pin	Spinal cord lamina 1 projection neurons
MG	Medial geniculate nucleus
MGc	Medial geniculate nucleus caudal part
MGDm	Medial geniculate nucleus dorsal part medial subdivision
MGDML	Mediolateral part of the dorsal division of the medial geniculate nucleus
MGL9C8	Motoneuron groups of layer 9 C8
MGM	Medial geniculate nucleus medial part
MGP	Medial globus pallidus
MGPm	Medial globus pallidus medial part
MGR	Medial geniculate nucleus rostral part
MGV	Medial geniculate nucleus ventral part
MHb	Medial habenular nucleus
MHb	Perirhinal cortex
MHYPOgdh	Dorsal half of the medial hypothalamic group
MiTg	Microcellular tegmental nucleus
mIf	Medial longitudinal fasciculus
MM	Medial mammillary nucleus medial part
MM	Nucleus of the horizontal limb of the diagonal band
MMCMR	Medial cerebellar nucleus middle subdivision rostral part
MnA	Median accessory nucleus of the medulla
MnPO	Median preoptic nucleus
MnPOD	Dorsal median preoptic nucleus
MnPOmL	Median preoptic nucleus middle level
MnPOV	Ventral part of the median preoptic nucleus
MnR	Median raphe nucleus
Mo5DL	Motor trigeminal nucleus dorsolateral part
Mo5jcc	Motor trigeminal nucleus jaw closing component
Mo5joc	Motor trigeminal nucleus jaw opening component
Mo5joc	Granular cell layer of the olfactory bulb
Mo5VM	Motor trigeminal nucleus ventromedial part
MPA	Medial preoptic area
MPAce	Medial preoptic area central part
MPAVL	Ventrolateral subdivision of the medial preoptic area
MPL	Medial paralemniscal nucleus
MPO	Medial preoptic nucleus
MPPa	Paraventricular hypothalamic nucleus medial parvocellular part
MPtA	Medial parietal association cortex
MS	Medial septal nucleus
mSC	Superior colliculus medial part
MSO	Medial superior olive
msVSMo	Marginal surface of the ventral surface of the medulla oblongata
MT	Medial terminal nucleus of the accessory optic tract
MTGABA	Medial terminal nucleus of the accessory optic tract GABAergic cells
MTN	Midline group of the dorsal thalamus
mtSC	Superior colliculus medial third
MuscBucc	Buccinator muscle
MuscCTz	Clavotrapezius muscle
MusciPC	Inferior pharyngeal constrictor muscle
MuscJawMneuro	Jaw muscle afferent neurons
MuscJawS	Jaw muscle spindles
MuscMass	Musculus masseter
MuscPCA	Posterior cricoarytenoid muscle
MuscPDig	Posterior digastric muscle
MuscPeOra	Perioral muscles
MuscPlap	Part of platysma spreading from dorsum of neck to split and insert partly into the upper lip and partly into the lower lip
MuscST	Sternomastoid muscle
MuscSTc	Sternocleidomastoideus muscle
MuscUpLi	Upper lip muscle
muscut	Musculocutaneous nerve
MVe	Medial vestibular nucleus
MVeM	Medial vestibular nucleus medial part
MVeMC	Medial vestibular nucleus magnocellular part

MVeP	Medial vestibular nucleus caudal part
MVePC	Medial vestibular nucleus parvicellular part
MVePch	Medial vestibular nucleus caudal half
MVeVL	Medial vestibular nucleus ventrolateral part
MVL	Ventral lateral medulla oblongata
MVPO	Medioventral periolivary nucleus
Mx	Matrix region of the medulla
NCAT	Nucleus of the central acoustic tract
Neck	Nucleus of the spinal accessory nerve
NI	Nucleus incertus
NIc	Nucleus incertus pars compacta
NICr	Nucleus intercruralis
NId	Nucleus incertus pars dissipata
NIFH	Nucleus interfascicularis hypoglossi
NLL	Nuclei of the lateral lemniscus
NLLR	Nuclei of the lateral lemniscus rostral part
NODa	Nodulus sublobule a
npm	Nervus petrosus major
NRMC	Magnocellular reticular nucleus
ns	Nigrostriatal bundle
O	Nucleus O
obex	Obex
OBgra	Motor trigeminal nucleus jaw opening component
ocb	Olivocochlear bundle
OCS	Oculomotor system
OmMMnB	Outermost part of the medial mammillary nucleus body
Op	Optic nerve layer of the superior colliculus
oPFC	Orbital prefrontal cortex
OPT	Olivary pretectal nucleus
OrgBSglab	Glabrous skin
OrgCIP	Corpuscle region of incisal papilla
OrgCorti	Organ of Corti
OrgEariST	Scala tympani
OrgEariTB	Basolateral amygdaloid nucleus
OrgEye	Eye
OrgiL	Ileum
OrgiPTC	Intraperitoneal cavity
OrgOCA	Anterior oral cavity
OrgOChp	Hard palate
OrgOCrT	Root of the tongue
OrgOCT	Tongue
OrgOCtp	Tooth pulp in oral cavity
OrgPharU	Uvula
OrgsCecS	Cecum
OrgsCor	Cor
OrgsCorAn	Anterior coronary sulcus of the heart
OrgsCorAnin	Anterior interventricular groove of the heart
OrgsDuos	Duodenum side
OrgsLungP	Lung parenchym
OrgsOesAb	Abdominal oesophagus
OrgsOesC	Cervical oesophagus
OrgSoPa	Soft palate
OrgsPeric	Pericardium
OrgsPericCav	Pericardial cavity
OrgsSDOes	Subdiaphragmatic oesophagus
OrgsSDOesVW	Ventral wall of the subdiaphragmatic oesophagus
OrgsStomS	Stomach
OrgsStomWS	Stomach wall
OrgsTrasW	Trachea wall
OrgTho	Thoracic cavity
OrgWLary	Wall of larynx
OT	Nucleus of the optic tract

P	Pons
pIPAG	P1 periaqueductal gray
P5	Peritrigeminal zone
P7	Perifacial zone
Pa	Paraventricular hypothalamic nucleus
Pa4	Paratrochlear nucleus
Pa5	Paratrigeminal nucleus
Pa6	Paraabducens nucleus
Paan	Paraventricular nucleus anterior part
PaAPoMimtt	Medial two-thirds of the middle part of the antero-posterior extent of the paraventricular hypothalamic nucleus
PAG	Periaqueductal gray
PAGcL	Lateral part of the caudal periaqueductal gray
PAGd	Periaqueductal gray dorsal part
PAGdlc	Dorsolateral periaqueductal gray caudal part
PAGdlr	Dorsolateral periaqueductal gray rostral part
PAGLV	Periaqueductal gray lateroventral part
PAGLVC	Caudal part of the ventrolateral periaqueductal gray
PAGm	Periaqueductal gray medial part
PAGR	Periaqueductal gray rostral part
PAGRL	Periaqueductal gray rostrolateral part
PAGvlc	Ventrolateral periaqueductal gray caudal part
PAGvlc	Most anterior part of the parvalbumin-positive nucleus of the lateral hypothalamus
PAGvlr	Anterior cingulate cortex
PAGvlr	Ventrolateral periaqueductal gray rostral part
pala	Palatine nerve
PaLa	Paraventricular hypothalamic nucleus lateral part
PaMag	Paraventricular hypothalamic nucleus magnocellular division
PaMagP	Paraventricular hypothalamic nucleus magnocellular division posterior part
Pame	Paraventricular nucleus medial part
PaMMP	Medial part of the paraventricular hypothalamic nucleus medial parvicellular part [Periventricular zone anterior region]
PaMP	Paraventricular hypothalamic nucleus medial parvicellular part [Periventricular zone anterior region]
PaPc	Central gray mesencephalic part ventromedial part
PaPcD	Paraventricular hypothalamic nucleus parvicellular division dorsal part
Papv	Paraventricular hypothalamic nucleus periventricular part
PaR	Pararubral nucleus
PaR	Anterior tegmental nucleus
Par1G	Parietal cortex area 1 granular region
ParPLai	Nucleus of the vertical limb of the diagonal band
PaVe	Spinal cord layer 21 R
PB	Parabrachial nucleus
PBCeL	Parabrachial nucleus central lateral part
PBCeLe	Lateral edge of the central lateral parabrachial nucleus
PBD	Parabrachial nucleus dorsal part
PBDL	Parabrachial nucleus dorsolateral part
PBeDL	Parabrachial nucleus external division lateral part
PBG	Parabigeminal nucleus
PBnMe	Parabrachial nucleus medial
PBP	Parabrachial pigmented nucleus
PBro	Parabrachial nucleus rostral part
PBeLa	Parabrachial nucleus ventrolateral part
PBVL	Parabrachial nucleus ventral part lateral portion
PC	Paracentral thalamic nucleus
PCGS	Parachochlear glial substance
PCnFa	Precuneiform area
PCom	Nucleus of the posterior commissure
PCRt	Parvicellular reticular nucleus
PCRtA	Parvicellular reticular nucleus alpha part
pd	Predorsal bundle
PDR	Posterodorsal raphe nuclei
PDTg	Posterodorsal tegmental nucleus
Pe	Periventricular hypothalamic nucleus
PeFCL	Lateral part of the caudal perifornical area

PeFCL	Dorsal hypothalamic area
PeFCL	Ventromedial hypothalamic nucleus central part
PePO	Reuniens thalamic nucleus
PF	Parafascicular thalamic nucleus
PFC	Parafascicular thalamic nucleus caudal part
PFC	Prefrontal cortex
PFL	Parafascicular thalamic nucleus lateral part
PFlv	Paraflocculus ventral part
PFV	Parafascicular thalamic nucleus ventral part
PFx	Lateral hypothalamic area perifornical part
PFxPAR	Perifornical hypothalamic area [Preoptic anterior region]
PGi	Paragigantocellular reticular nucleus
PGiR	Paragigantocellular reticular nucleus rostral part
PGiV	Paragigantocellular reticular nucleus ventral part
PH	Posterior hypothalamic nucleus
Ph9C3	Phrenic motoneurons of lamina 9 C3
Ph9C4	Phrenic motoneurons of lamina 9 C4
Ph9C5	Phrenic motoneurons of lamina 9 C5
PHA	Posterior hypothalamic area
PHD	Posterior hypothalamic area dorsal part
PHRo	Posterior hypothalamic nucleus rostral part
PIF	Parainterfascicular nucleus of the ventral tegmental area
PIL	Posterior intralaminar thalamic nucleus
PLH	Peduncular part of lateral hypothalamus
PLHY	Posterolateral hypothalamus
PIPAG	Pleomorphic part of the periaqueductal gray
PLV	Prelemniscal nucleus ventral part
PLVERML9	Posterior lobe vermis lobule 9
PM	Paramedian lobule
PMD	Premammillary nucleus dorsal part
PMn	Paramedian reticular nucleus
PMnR	Paramedian raphe nucleus
PMo5	Posterior part of the motor trigeminal nucleus
PMvm	Premammillary nucleus ventromedial part
PMZP+5a	Paramedian lobule zebrin positive band P+ 5a
PN	Paranigral nucleus
PNC	Pontine reticular nucleus caudal part
PnO	Pontine reticular nucleus oral part
PnOr	Pontine nucleus oralis
PnR	Pontine raphe nucleus
PNSgo	Greater occipital nerve
PnV	Pontine reticular nucleus ventral part
Po	Posterior thalamic nuclear group
POAd7fn	Periolivary area between superior olivary nucleus and descending root of the facial nerve
POH	Periolivary horn
Por	Pons oral part
posh	Postero orbital sinus hair
PP	Peripeduncular nucleus
PPN	Peduncularpontine nucleus
PpRNr	Dorsolateral reticular formation
PPTg	Pedunculopontine tegmental nucleus
PPy	Parapyramidal nucleus
Pr	Prepositus nucleus
PR	Prerubral field
Pr	Rostral ventral respiratory group
Pr5caV	Ventral part of the caudal principal trigeminal nucleus
Pr5cmp	Principal sensory trigeminal nucleus centromedial part of the posterior part
Pr5Db	Principal sensory trigeminal nucleus dorsal boundary
Pr5DM	Principal sensory trigeminal nucleus dorsomedial part
Pr5i	Principal sensory trigeminal nucleus intermediate part
Pr5p	Principal sensory trigeminal nucleus posterior partL
Pr5ro	Principal sensory trigeminal nucleus rostral part

Pr5v	Principal sensory trigeminal nucleus ventral part
Pr5VL	Principal sensory trigeminal nucleus ventrolateral part
PrBo	Pre Boetzing complex
PrC	Precommissural nucleus
PReg	Posterior region [Lateral division of the hypothalamus]
PrEW	Pre Edinger Westphal nucleus
PRhc	Perirhinal cortex caudal part
PrL	Prelimbic cortex
PrLc	Prelimbic cortex caudal part
PrLL5	Prelimbic cortex layer 5
PrLL6	Prelimbic cortex layer 6
PRN	Pontine reticular nucleus
PRNLC	Pontine reticular nucleus laterocaudal part
PRNpm	Pontine reticular nucleus paramedian part
pRNr	Parvicellular reticular nucleus rostral portion
PRT	Pretectal region
PRVRG	Posterior rostral ventral respiratory group
PSC	Posterior septal complex
PsLdn	Pontine sublateralodorsal nucleus
PSMi	Pons midline
PSol	Parasolitary nucleus
PSol	Lateral parabrachial nucleus dorsal part
PSTh	Parasubthalamic nucleus
PV	Paraventricular thalamic nucleus
PVlma	Ventrolateral periaqueductal gray caudal part
PVca	Anteroventral nuclei of the preoptic hypothalamus
PVCON	Posteroventral cochlear nucleus
PVCOND	Dorsal part of the posteroventral cochlear nucleus
PVG	Periventricular gray matter
PVHmpdo	Paraventricular nucleus medial parvicellular part dorsal zone
PVZ	Periventricular zone
PVZaL	Paraventricular thalamic nucleus caudal part
PWGS	Pontine wave generation site
raf	Region around the fornix
rAGm	Medial agranular prefrontal cortex rostral part
RAmb	Retroambiguus nucleus
RANA	Nucleus raphe alatus
Rbd	Rhabdoid nucleus
RcAGm	Rostral portion of the caudal medial agranular prefrontal cortex
RCeICOL	Rostrocaudal extent of the inferior colliculus
RCh	Retrochiasmatic area
RCMeObm	Rostral caudal midline medulla oblongata
RCT	Rostrocaudal thalamic nucleus
RDO	Red nucleus dorsal
Re	Reuniens thalamic nucleus
Re	Preoptic periventricular nucleus
reLa	Recurrent laryngeal nerve
RET	Retina
RETg	Retinal ganglion cells
RETiqqc	Retina inferior quadrant ganglion cells
RETngcL	Retina nasal part ganglion cell layer
RFm	Medial reticular formation
RFMED	Median reticular nucleus
RFN	Retrofacial nucleus
Rh	Rhomboid thalamic nucleus
RI	Rostral interstitial nucleus of medial longitudinal fasciculus
RIP	Raphe interpositus nucleus
RL	Retrolemniscal nucleus
RLi	Rostral linear nucleus of the raphe
RMC	Red nucleus magnocellular part
Rmed	Red nucleus medial part
RMeObvm	Rostral part of the ventromedial medulla oblongata



RMg	Raphe magnus nucleus
RMRf	Rostral mesencephalic reticular formation
RMtg	Rostromedial tegmental nucleus
rmTGA	Rostral magnocellular tegmental field
Ro	Nucleus of Roller
ROb	Raphe obscurus nucleus
ROC	Red nucleus parvicellular part
RPa	Raphe pallidus nucleus
RPO	Rostral periolivary region
RPOL	Rostral periolivary region lateral part
RR	Retrobulbar nucleus
RRF	A8 dopamine cells retrobulbar group
RRFm	A8 dopamine cells retrobulbar group medial part
RSA	Retrosplenial agranular cortex
RSAL1	Retrosplenial agranular cortex layer 1
RSAL2	Retrosplenial agranular cortex layer 2
RSan	Retrosplenial cortex anterior part
RSGL1	Retrosplenial granular cortex layer 1
RSGL2	Retrosplenial granular cortex layer 2
RTCL	Rostral tectal longitudinal column
RtD	Reticular thalamic nucleus dorsal part
RTN	Retrotrapezoid nucleus
RtTg	Reticulotegmental nucleus of the pons
RttGI	Rostral two-thirds of the granular insular cortex
RtTgL	Reticulotegmental nucleus of the pons lateral part
RtTgP	Reticulotegmental nucleus of the pons pericentral part
RtV	Reticular thalamic nucleus ventral part
RVL	Rostroventrolateral reticular nucleus
RVLm	Medial aspect of the rostroventrolateral reticular nucleus
RVLM	Rostral ventrolateral medulla
RVLro	Rostroventrolateral reticular nucleus rostral part
RVRG	Rostral ventral respiratory group
RVRG	Prepositus nucleus
S1	Primary somatosensory cortex
S1BF	Primary somatosensory cortex barrel field
S1BFcdysL5	Central dysgranular zone between E4 whisker and forelimb barrel field layers 5
S1BFcdysL6	Central dysgranular zone between E4 whisker and forelimb barrel field layers 6
S1FL	Primary somatosensory cortex forelimb region
S1FLL	Primary somatosensory cortex forelimb region lateral part
S1FR	Primary somatosensory cortex face region
S1HL	Primary somatosensory cortex hindlimb region
S1JL	Primary somatosensory cortex lower jaw region
S1pdyL5	Posterior dysgranular zone between whisker and trunk representation layer 5
S1pdyL6	Posterior dysgranular zone between whisker and trunk representation layer 6
S1rm	Primary somatosensory cortex rostral most part
S2iaR	Rostral part of the secondary somatosensory cortex inferior orbital area
S5	Sensory root of the trigeminal nerve
Sa1	Sacral segment 1
Sa2	Sacral segment 2
Sa3	Sacral segment 3
Sag	Sagulum nucleus
SAN	Spinal accessory nerve
SC	Superior colliculus
SCd	Superior colliculus deep layers
SCh	Suprachiasmatic nucleus
SChv	Suprachiasmatic nucleus ventral division
SCiB	Sublayer b of superior colliculus intermediate layers
SCL	Superior colliculus lateral part
SCL10C1	Area X C1
SCL10C6	Area X C6
SCL10S2	Area X S2

SCL1C4	Spinal cord layer 1 C4
SCL1C7	Spinal cord layer 1 C7
SCL1L3	Spinal cord layer 13
SCL1L3	Spinal cord layer 13 R
SCL1S2	Spinal cord layer 1 S2
SCL1T1	Spinal cord layer 1 T1
SCL1T11	Spinal cord layer 1 T11
SCL1T4	Spinal cord layer 1 T4
SCL2C2	Spinal cord layer 2 C2
SCL2C7	Spinal cord layer 2 C7
SCL2C8	Spinal cord layer 2 C8
SCL2L1	Paraventricular nucleus ventral part
SCL2L4	Spinal cord layer 24
SCL2L6	Spinal cord layer 26
SCL2T13	A5 noradrenaline cells
SCL2T5	Spinal cord layer 2 T5
SCL2T7	Spinal cord layer 2 T7
SCL3C1	Spinal cord layer 3 C1
SCL3C2	Spinal cord layer 3 C2
SCL3C4	Spinal cord layer 3 C4
SCL3C8	Spinal cord layer 3 C8
SCL3S1	Spinal cord layer 3 S1
SCL3T1	Spinal cord layer 3 T1
SCL4C3	Spinal cord layer 4 C3
SCL4C4	Spinal cord layer 4 C4
SCL4C6	Spinal cord layer 4 C6
SCL4C7	Spinal cord layer 4 C7
SCL4C8	Spinal cord layer 4 C8
SCL4L2	Spinal cord layer 42 R
SCL4S1	Spinal cord layer 4 S1
SCL4S2	Spinal cord layer 4 S2
SCL5C4	Spinal cord layer 5 C4
SCL5C6	Spinal cord layer 5 C6
SCL5L3	Spinal cord layer 53
SCL5L5	Spinal cord layer 55
SCL5S1	Spinal cord layer 5 S1
SCL5T1	Spinal cord layer 5 T1
SCL6C2	Spinal cord layer 6 C2
SCL6C3	Spinal cord layer 6 C3
SCL6C7	Spinal cord layer 6 C7
SCL6L5	Spinal cord layer 65
SCL6T9	Spinal cord layer 6 T9
SCL7C1	Spinal cord layer 7 C1
SCL7C2	Spinal cord layer 7 C2
SCL7C6	Spinal cord layer 7 C6
SCL7C7	Spinal cord layer 7 C7
SCL7T4	Spinal cord layer 7 T4
SCL8C6	Spinal cord layer 8 C6
SCL8C8	Spinal cord layer 8 C8
SCL9L3	Spinal cord layer 93
SCL9L4	Spinal cord layer 94
SCL9S2	Spinal cord layer 9 S2
SCL9S3	Spinal cord layer 9 S3
SCL9T2	Spinal cord layer 9 T2
SCL9T3	Spinal cord layer 9 T3
SCL9T8	Spinal cord layer 9 T8
SCLb10L7L3	Spinal cord border between layer 10 and layer 73
SCLC2	Spinal cord layers C2
SCLC3	Spinal cord layers C3
SCLC4	Spinal cord layers C4
SCLC6	Spinal cord layers C6
SCLC8	Spinal cord layers C8

SCLL1	Spinal cord layers1
SCLL2	Spinal cord layers2
SCLL3	Spinal cord layers3
SCLS4	Spinal cord layers S4
SCLT3	Spinal cord layers T3
SCP	Superior colliculus posterior part
SCRL	Superior colliculus rostral lateral part
SCscn	Superior colliculus superficial layers commissural neurons
SCzo	Superior colliculus zonal layer
Sd	Subiculum dorsal part
SDComS1	Sacral dorsal commissural nucleus S1
SERr	Septal region rostral part
SFi	Septofimbrial nucleus
SG	Supragenulate thalamic nucleus
SGe	Supragenual nucleus
SHi	Septohippocampal nucleus
SHy	Septohypothalamic nucleus
SHy	Arcuate nucleus ventromedial part
SI	Substantia innominata
SIS	Substantia innominata sublenticular part
SLEAc	Central division of sublenticular extended amygdala
sLn	Superior laryngeal nerve
SNC	Substantia nigra compact part
SNCD	Substantia nigra compact part dorsal tier
SNCL	Substantia nigra compact part lateral tier
SNCM	Substantia nigra compact part medial tier
SNCrm	Substantia nigra compact part rostromedial
SNCV	Substantia nigra compact part ventral tier
SNL	Substantia nigra lateral part
SNL	Interpeduncular nucleus
SNR	Substantia nigra reticular part
SO	Supraoptic nucleus [Supraoptic region]
SOA	Supraoptic nucleus anterior division
SOCG	Supraoculomotor central gray
SOCILL	Lateral limbs of the lateral superior olivary nucleus
Sol	Nucleus of the solitary tract
sol	Solitary tract
SolC	Nucleus of the solitary tract commissural part
Solca	Nucleus of the solitary tract caudal part
Solcame	Caudal nucleus of the solitary tract medial part
SolCe	Nucleus of the solitary tract central part
Solcv	Nucleus of the solitary tract cardiovascular part
SolD	Nucleus of the solitary tract dorsal part
SolDL	Nucleus of the solitary tract dorsolateral part
SolDL	Vestibular nuclei ventromedial part
SolDM	Nucleus of the solitary tract dorsomedial part
SolG	Nucleus of the solitary tract gelatinous part
SolGuiM	Intermediate portion of the gustatory nucleus of the solitary tract
Soli	Nucleus of the solitary tract interstitial part
SolIM	Nucleus of the solitary tract intermediate part
SolL	Nucleus of the solitary tract lateral part
SolM	Nucleus of the solitary tract medial part
Solmro	Most rostral part of the nucleus of the solitary tract
SolRL	Nucleus of the solitary tract rostrolateral part
Solro	Nucleus of the solitary tract rostral part
Solroc	Nucleus of the solitary tract rostrocentral
SolroM	Medial part of rostral portion of the nucleus of the solitary tract
SolroV	Ventral part of the rostral nucleus of the solitary tract
Solsp	Nucleus of the solitary tract subpostremal part
SolV	Nucleus of the solitary tract ventral part
SolVL	Nucleus of the solitary tract ventrolateral part
SOnP	Nucleus proper

SoRpnzd	Perinuclear zone dorsal to the supraoptic region
SOsur	Area immediately surrounding the supraoptic nucleus
SOT	Supraoptic nucleus tuberal part
sp5	Spinal trigeminal tract
Sp5C	Spinal trigeminal nucleus caudal part
Sp5CVL1	Spinal trigeminal nucleus caudal part ventral part layer 1
Sp5I	Spinal trigeminal nucleus interpolar part
Sp5ncR	Spinal trigeminal nucleus rostral part
Sp5O	Spinal trigeminal nucleus oral part
Sp5OLD	Latero dorsal pars oralis of the trigeminal nucleus
SPC	Striatal patch compartment
SPFc	Subparafascicular thalamic nucleus caudal part
SPFm	Subparafascicular thalamic nucleus magnocellular part
SPFme	Subparafascicular thalamic nucleus medial part
SPFp	Subparafascicular thalamic nucleus parvicellular part
SPFr	Subparafascicular thalamic nucleus rostral part
Sph	Sphenoid nucleus
SpIMLL3	Sympathetic preganglionic cell column3
SPO	Superior paraolivary nucleus
SPSyS1	Sacral parasympathetic nucleus S1
SPTg	Subpeduncular tegmental nucleus
SpVe	Spinal vestibular nucleus
SR	Sensory regions
SRD	Subnucleus reticularis dorsalis
STh	Subthalamic nucleus
SThMc	Subthalamic nucleus medial cap
Su5	Supratrigeminal nucleus
SubC	Subcoeruleus nucleus
SubCA	Subcoeruleus nucleus alpha part
SubCD	Subcoeruleus nucleus dorsal part
SubCDV	Dorsoventral part of the subcoeruleus nucleus
SubCV	Subcoeruleus nucleus ventral part
SubCV	Dorsal raphe nucleus ventral part
SubI	Subincertal nucleus
SubP	Subpostrema area
sucepLt	Superior cerebellar peduncle lateral tip
SuG	Superficial gray layer of the superior colliculus
SuOLi	Superior olive
SuOLiC	Caudal superior olivary complex
SuOLirc	Superior olive rostrocaudal part
SuPVe	Supravestibular nucleus
SuReFa	Subretrofacial nucleus
SuS	Superior salivatory nucleus
SuVe	Superior vestibular nucleus
SV	Subventricular nucleus
Sv	Subiculum ventral part
T	Thalamus
T10	Thoracal segment 10
T12	Thoracal segment 12
T2	Thoracal segment 2
T4	Thoracal segment 4
T5	Thoracal segment 5
T7	Thoracal segment 7
T9	Thoracal segment 9
TA	Tuberal area
TBMdm	Tuberomammillary nucleus dorsomedial part
TBMvl	Tuberomammillary nucleus ventrolateral part
TC	Tuber cinereum area
Te2D	Temporal association area 2 dorsal part
TeA	Temporal association cortex 1
Tev	Ventral temporal association cortex
tfp	Transverse fibers of the pons

TG	Tectal gray
TGACd	Central tegmental field dorsal part
TGACL	Central tegmental field lateral part
TMCx	Tongue movement cortex
TMZ	Tuberal region medial zone
TrLL	Triangular nucleus lateral lemniscus
TS	Triangular septal nucleus
ts	Tectospinal tract
tth	Trigeminothalamic tract
TU	Tuberal nucleus
TuLH	Tuberal region of lateral hypothalamus
TuM	Tuberomammillary nucleus
TuMgL	Glia limitans ventral to the ventral tuberomammillary nucleus
TuMP	Posterior subdivision of the tuberomammillary nucleus
TuO	Olfactory tubercle
TuOd	Olfactory tubercle densocellular layer
Tz	Nucleus of the trapezoid body
tzx	Decussation of the trapezoid body
uln	Ulnar nerve
UVUaS	Superficial part of cerebellar lobule 9a
UVUbimL	Cerebellar lobule 9b intermediolateral part
UVUbS	Superficial part of cerebellar lobule 9b
UVUcS	Superficial part of cerebellar lobule 9c
V1	Primary visual cortex
V1L5	Primary visual cortex layer 5
V2ML5	Secondary visual cortex medial area layer 5
VACC	Ventral anterior cingulate cortex
VB	Ventrobasal complex
VCA	Ventral cochlear nucleus anterior part
VCAGr	Ventral cochlear nucleus granule cell layer
VCCap	Ventral cochlear nucleus capsular part
VCgbc	Globular bushy cells of the ventral cochlear nucleus
VCNsLcc	Ventral cochlear nucleus superficial layer chestnut cells
VCNsLmc	Ventral cochlear nucleus superficial layer magnocellular core
VCNsLsn	Ventral cochlear nucleus superficial layer stellate neurons
VCPO	Ventral cochlear nucleus posterior part octopus cell area
vd	Vestibular ducts
VDB	Parietal association cortex intermediate layers
vd cav	Vestibular cavity
VeCb	Vestibulocerebellar nucleus
VeMTGA	Ventral mesopontine tegmental anesthesia area
vesp	Vestibulospinal tract
VFCC2	Vibrissal follicle complex C2
VFCE1	Vibrissal follicle complex E1
VHC2	Ventral horn C2
VHC4	Ventral horn C4
VHL3	Ventral horn3 R
VHL4	Ventral horn4
VHL4	Ventral horn4 R
VHMES	Ventral horn of spinal cord
VHR	Ventral hypothalamic region
VHSa2	Ventral horn S2
VHT9	Ventral horn T9
VISMP	Posterior part of the medial extrastriate cortex
VISxL	Lateral extrastriate cortex
VL	Ventrolateral thalamic nucleus
VLG	Ventral lateral geniculate nucleus
VLGMC	Ventral lateral geniculate nucleus magnocellular part
VLL	Ventral nucleus of the lateral lemniscus
VLPAG	Ventrolateral periaqueductal gray
VLPOr	Rostral part of the ventrolateral preoptic nucleus
vlPRF	Ventrolateral pontine reticular formation

VLTg	Ventrolateral tegmental area
VM	Ventromedial thalamic nucleus
VMc	Ventromedial thalamic nucleus caudal part
VMH	Ventromedial hypothalamic nucleus
VMHA	Ventromedial hypothalamic nucleus anterior part
VMHC	Lateral part of the caudal perifornical area
VMHDM	Ventromedial hypothalamic nucleus dorsomedial part
VMPAG	Ventromedial periaqueductal gray
VncVM	Nucleus of the solitary tract dorsolateral part
VNT	Ventral thalamus
VNTB	Ventral nucleus of the trapezoid body
VNTBrc	Rostrocaudal extent of the ventral nucleus of the trapezoid body
VP	Ventral pallidum
VPAG	Ventral periaqueductal gray
VPLM	Ventral posterolateral thalamic nucleus medial part
VPM	Ventral posteromedial thalamic nucleus
VPPC	Ventral posterior thalamic nucleus parvocellular part
VPT	Ventral posterior thalamic complex
VPTm	Ventral posterior thalamic complex medial part
VR	Visual regions
VReG	Ventral respiratory group
VSol	Visceral nucleus of the nucleus of the tractus solitarius
VTa	Ventral tegmental area A10
VTAcP	Ventral tegmental area A10 caudal part
VTALN	Ventral tegmental area A10 lateral nuclei
VTAM	Ventral tegmental area A10 medial part
VTAmitt	Ventral tegmental area A10 middle third
VTAR	Ventral tegmental area rostral part
VTARdm	Ventral tegmental area rostral dorsomedial part
VTARVL	Ventral tegmental area rostral ventrolateral part
VTAv	Ventral tegmental area A10 ventral part
VTg	Ventral tegmental nucleus
vtgx	Ventral tegmental decussation
VTM	Ventral tuberomammillary nucleus
VTRZ	Ventral tegmental relay zone
WMCxA1	Whisker motor cortex A1
X	Nucleus X
xscp	Decussatio of the superior cerebellar peduncle
XZO	X-zone
Y	Nucleus Y
Z	Nucleus Z
ZI	Zona incerta
ZIC	Zona incerta caudal part
ZID	Zona incerta dorsal part
ZIm	Zona incerta medial part
ZIV	Zona incerta ventral part

# 1 Einleitung

## 1.1 Historische Aspekte und neuroanatomische Abgrenzung des Hirnstammes

Der *Hirnstamm* (*Truncus cerebri*, *Truncus encephali*) setzt sich aus den zentralnervösen Abschnitten unterhalb des Diencephalons ohne das Cerebellum zusammen. Hierzu gehören die Medulla oblongata, die Pons und das Mesencephalon. Das Stammhirn besteht hingegen aus dem Hirnstamm und dem Diencephalon. Weitere Untergebiete im Bereich des Mesencephalons, die zum Hirnstamm gehören sind die Crura cerebri, das Tegmentum (Mittelhirnhaube) und das Tectum (Mittelhirndach). Weiter kaudal gelegen gehören das Rhombencephalon (Rautenhirn) und das Myelencephalon zum Hirnstamm. Da diese Komponenten des Hirnstamms embryologisch aus dem 2. (Mesencephalon) und 3. (Rhombencephalon) Hirnbläschen hervorgehen sind, ist es sinnvoll diese als strukturelle Einheit zu behandeln. Allerdings entwickelt sich auch das Cerebellum aus diesen Hirnbläschen, es wird jedoch aus historischen Gründen nicht zum Hirnstamm gezählt.

Besonders deutlich erkennbar ist der dorsale Aspekt des Hirnstammes in einer Abbildung von Willis (1664), der auch den 4. Ventrikel, die Rautengrube und die Medulla oblongata differenziert (Abbildung 1).

Eine genauere Beschreibung und Abgrenzung des Hirnstamms wurde von Schwalbe (1881) gegeben (Abbildung 2). Vor und in der Zeit von Burdach (1822), der bereits von einem Hirnstamm sprach (Abbildung 3), waren die Abgrenzungen des Hirnstamms ungenau (Baer 1837, Haller 1747) oder es wurde ganz allgemein von der Hirnbasis gesprochen (Brunschwig 1525, Galen 173).

Im 20. Jahrhundert wurde der Hirnstamm auf der Grundlage von morphologischen und zytoarchitektonischen Eigenschaften durch Olszewski und Mitarbeitern systematisch beschrieben (Meessen und Olszewski 1949, Olszewski 1954, Olszewski und Baxter 1954). 26 Kerne wurden den Hirnnerven zugeordnet, 20 Kerne wurden als Relais Kerne bezeichnet (z.B. Nc. olivaris inferior, Nc. colliculi inferioris, Nc. ruber) und 47 Kerne wurden in einer dritten Gruppe mit unbekannten Verbindungen zusammengefasst.

Die meisten neueren Monographien und Atlanten beschreiben nur den menschlichen Hirnstamm (Paxinos und Huang 1995, Duvernoy 1995, Naidich et al. 2009). Eine Ausnahme stellt die Monographie von Paxinos (2004) dar, in welche einige Regionen des Hirnstammes der Ratte von Ruigrok (2004) genauer erläutert werden. Lediglich in einer Studie, die die 3D-Rekonstruktion des Hirnstammes der Ratte untersucht, finden sich spezifische Darstellungen einiger weniger Kerngebiete (Brevik et al. 2001). Somit gibt es nur sehr wenig

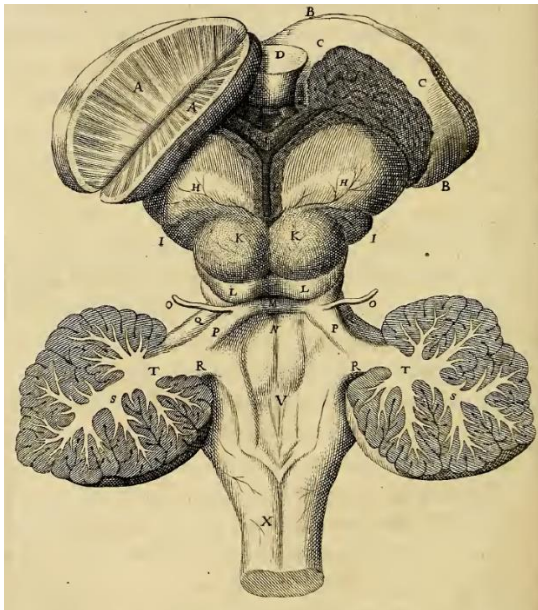
Übersichtsliteratur über den Hirnstamm der Ratte, keine systematischen konnektionalen Studien aber relativ genaue stereotaktische Angaben in den Atlanten von Paxinos und Swanson (Paxinos und Watson 2015, Swanson 2004).

## 1.2 Lage und Aufbau des Hirnstammes

Allgemein bildet der Hirnstamm den Übergang vom Rückenmark zum Großhirn durch den die meisten grundlegenden Bahnen zur Kontrolle der Körperperipherie verlaufen. Strukturell und funktionell wird der Hirnstamm von kaudal nach kranial in die Medulla oblongata (erster Zervikalnerv bis zum Sulcus bulbopontinus), der Pons (vom Sulcus bulbopontinus zu den Crura cerebri) und anschließend rostralwärts in das Mesenzephalon gegliedert. Das Großhirn und das Kleinhirn umgeben den Hirnstamm *in situ*, der nur nach ventral freiliegt.

Im Hirnstamm sind fünf funktionelle Systeme verteilt:

- Hirnnervenkerne
  - Derivate der Grundplatte (medial des Sulcus limitans): motorische Kerne
  - Derivate der Flügelplatte (lateral des Sulcus limitans): sensible Kerne
- Motorische Zentren (Nc. ruber, Substantia nigra)
- Formatio reticularis und vegetative Kontrollsysteme
- Hinterstrangkern (Sensible-Konnektivität)
- Brückenkerne (Kleinhirn-Konnektivität)



**Abbildung 1:** Bildliche Darstellung des Hirnstammes von Willis (1664, Fig. VIII, S. 167). Mit X ist die Medulla oblongata bezeichnet worden.



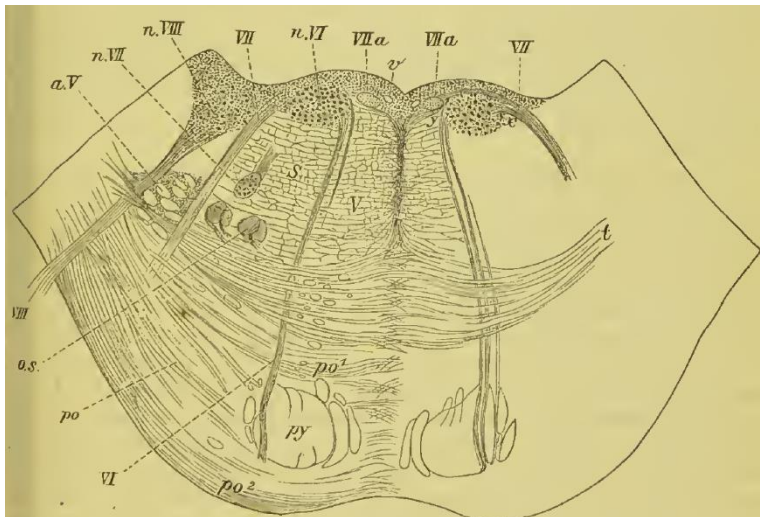
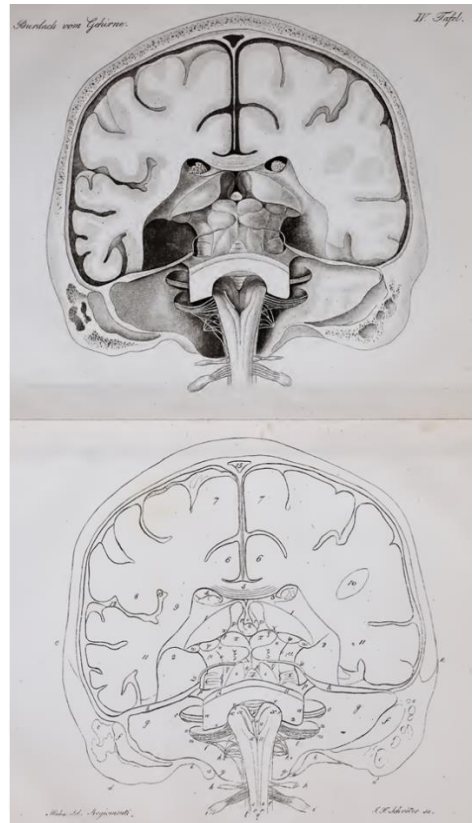
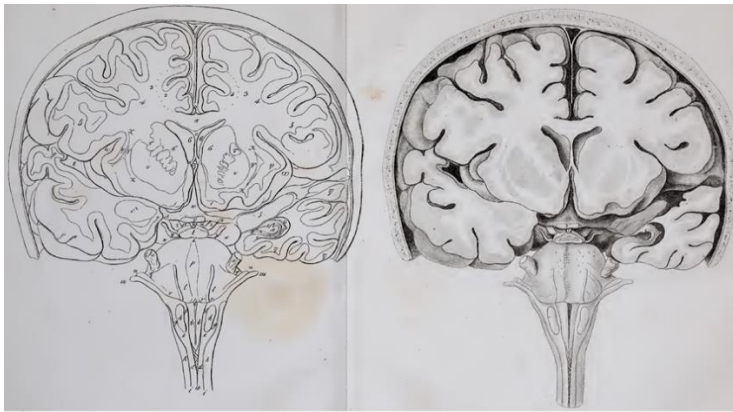


Fig. 387. Querschnitt durch die Brücke, etwa der Mitte der Rautengrube entsprechend.

**Abbildung 2:** Eine von mehreren Querschnittabbildungen durch den Hirnstamm von Schwalbe (1881).



**Abbildung 3:** Darstellungen des Hirnstammes u.a. aus Burdach (1822).

Die motorischen Hirnnervenkerne versorgen mit der somatomotorischen Qualität Skelettmuskeln und mit der allgemeinen viszeromotorischen Qualität die Eingeweidemuskulatur. Mit der speziellen Viszeromotorik die Kiemenbogenmuskulatur. Die allgemein somatosensiblen Fasern leiten extero- und propriozeptive Reize. Die speziell somatosensiblen Fasern transferieren visuelle Reize des Auges und auditive Reize des Ohres. Die allgemeine Viszerosensibilität überträgt Reize der Eingeweide und die spezielle Viszerosensibilität leitet Signale der Geruchs- und Geschmacksrezeptoren weiter. Diese Systeme weisen eine sagittale Gliederung von lateral nach medial in der nachfolgenden Reihenfolge auf: somatosensible, viszerosensible, viszeromotorische, branchialmotorische und somatomotorische Kerne.

Vereinfacht lässt sich diese Organisation auch tabellarisch für einen Frontalschnitt durch den Hirnstamm der rechten Seite darstellen (Anhang: Tabelle 9) sowie funktionell gliedern (Anhang: Tabelle 10) und die allgemeinen Verbindungen der Hirnnerven von und zur Peripherie sowie von und zu höheren zentralnervösen Zentren darstellen (Anhang: Tabelle 11). Die *Formatio reticularis* setzt sich aus 12 Kerngruppen zusammen, die jedoch sehr viel feiner strukturell und funktionell unterteilt werden können. Das Konnektom der *Formatio reticularis* wird in einer anderen Arbeit analysiert. Im Rahmen meiner Arbeit wurden jedoch die *Formatio reticularis* Kerngebiete zusammen mit den übrigen Hirnstammkernen als Hirnstammkonnektom untersucht. Die *Formatio reticularis* wird topographisch in eine mediale (Raphekerne, Locus coeruleus) und laterale Gruppe eingeteilt. Funktionell ist das Weckzentrum von vegetativen Zentren wie Brechzentrum, Atemzentrum und Kreislaufzentrum abgrenzbar. Das motorische Zentrum der *Formatio reticularis* interagiert mit dem extrapyramidal motorischen System und kontrolliert u.a. die Stützmotorik. Afferenzen stammen aus dem Kortex, dem Kleinhirn und dem limbischen System, während die Efferenzen im Tractus reticulospinalis gekreuzt und ungekreuzt in die Medulla spinalis ziehen und an Motoneuronen der Vorderhörner enden. So können Bahnungs- und Hemmungseffekte an den Zielneuronen wirken. Das rostrale motorische Zentrum der *Formatio reticularis* befindet sich im Mesenzephalon und wirkt aktivierend auf motorische Signale der proximalen Extremitäten. Das caudale motorische Zentrum der *Formatio reticularis* liegt in der Pons und Medulla oblongata und ist der Ursprung des Tractus reticulospinalis mit seinen inhibitorischen Fasern, die Muskeleigenreflexe hemmen.

Das pontine Miktionszentrum des lateralen Ponses fördert die Entleerung der Harnblase und erhält Afferenzen aus dem Hirnstamm und dem Großhirn. Efferenzen ziehen zum Sakralmark, wo Bahnungs- und Hemmungseffekte die willkürliche Harnentleerung steuern.

Die drei Zentren für die Blickkoordination steuern Augenbewegungen direkt oder indirekt: Präokulomotorische Regionen (1) sind den Regionen für internukleäre Verbindungen (2) übergeordnet. Die übergeordneten Blickzentren (3) koordinieren die Signale aus den kortikalen Regionen, die die Impulsmuster für die Blickmotorik generieren (frontales Augenfeld). Diese Verbindungen verlaufen über den Fasciculus longitudinalis medialis und werden bei Konvergenzreaktionen inhibiert. Die präokulomotorischen Blickzentren initiieren und regulieren Augenbewegungen. Regionen für horizontale Augenbewegungen befinden sich im Bereich der Pons, wobei die paramediane *Formatio reticularis* horizontale Augenbewegungen nach ipsilateral initiiert. Regionen für vertikale Blickbewegungen befinden sich im Mesenzephalon, wie die rostrale mesenzephalare *Formatio reticularis* (*Nc. interstitialis fasciculi longitudinalis*, *Nc. interstitialis Cajal*). Neben der Steuerung vertikaler Blickbewegungen werden auch Lidhebung und –senkung von diesen Regionen koordiniert. Für die Blickstabilisierung sind die Vestibulariskerne mit den Blickzentren verbunden, was für die Koordination von Augenbewegungen und Kopfbewegungen für den vestibulookulären Reflex wichtig ist. Die raschen Blickbewegungen und Blickfolgebewegungen sowie die Blickfixierung werden über den *Nc. prepositus perihypoglossalis* und die anderen präokulomotorischen Zentren generiert. Die Verbindungen des visuellen Kortex und der kortikalen Blickzentren erfolgt in den *Colliculi superiores*, welche Sakkaden auslösen können. Außerdem werden diese kortikalen Verbindungen im *Vestibulocerebellum* für Blickfolgebewegungen umgeschaltet. Diese Konnektivität ist für den optokinetischen Reflex wichtig.

Das periaqueduktale Grau hat Verbindungen zum limbischen System und beeinflusst Angst- und Fluchtreflexe. Es ist außerdem in die Schmerzwahrnehmung involviert. Desweiteren sind die unterschiedlichen Abschnitte des periaqueduktalen Graus in die Koordination der Hirnnervenkerne eingebunden, die für die Stimmbildung relevant sind.

Auch eine chemoarchitektonische Gliederung des Hirnstammes ist möglich. So finden sich noradrenerge Neurone im *Locus coeruleus*. Die serotoninerger Zellpopulationen sind im Raphesystem lokalisiert und in der *Area tegmentalis* befinden sich dopaminerge Populationen (*DR*, *SNC* = *A9*, *VTA* = *A10*, *LTGA* = *A8*). Die Populationen in der *Area tegmentalis dorsolateralis* mit den *Nc. parabrachialis*, *Nc. periolivaris* und die angrenzenden zentralen Grau Regionen (*Ch5*, *Ch6*) sind cholinerg. GABAerge Interneurone kommen in dem dorsalen Raphekern vor. Glutamaterge Neurone liegen im *Nc. olivaris inferior*. Substanz P immunreaktive Neurone wurden in der *Area tegmentalis dorsolateralis*, *Nc. centralis superior*, *Nc. raphe magnus* und *Nc. solitarius* beschrieben. Vasoaktives intestinales Polypeptid wird in den Neuronen des *Nc. solitarius* exprimiert. Schließlich bilden zahlreiche Kerngebiete und

Neuronenpopulationen corticotropin releasing factor, Cholecystokinin, Somatostatin und Neurotensin.

Neben Kerngebieten, funktionellen Gliederungen und der Chemoarchitektonik verlaufen noch diverse aufsteigende (Lemniscus medialis, Lemniscus lateralis, Lemniscus spinalis, Fibrae corticopontinocerebellares) und absteigende (Fibrae corticospinales, Fibrae corticonucleares) Bahnen durch den Hirnstamm. Im Fasciculus longitudinalis medialis liegen sowohl aufsteigende als auch absteigende Fasersysteme. In Konnektomen sind die spezifischen Ursprünge und Ziele von Verbindungen neben den Verbindungsdichten (axonale Dichte bzw. Verbindungsgewicht) wichtig. Die großen ab- und aufsteigenden Bahnen mit multiplen Ursprüngen und Zielen sind weniger wichtig für konnektionale Analysen, da sie an sich keine Ursprungs- und Zielinformationen enthalten.

### 1.3 Konnektom

Unter einem *Konnektom* wird die Gesamtheit an neuronalen Verbindungen in einem neuronalen System wie beispielsweise Nervennetze (Nesseltiere), strangförmige Nervensysteme (Platt- und Fadenwürmer) (Sohn et al., 2011; Varshney et al., 2011; White et al., 1986), Strickleiternervensystemen (Gliederfüßer) und schließlich Nervensystemen von Kopffüßern und Wirbeltieren verstanden. Auch Konnektome von strukturellen und funktionellen *Teilsystemen* eines Nervensystems lassen sich mit dieser Definition erfassen wie z.B. das Konnektom des Hirnstammes.

Konnektome lassen sich inhaltlich mit Zusammenfassungen von neuronalen Verbindungen zwischen Nervenzellen und Populationen von Nervenzellen in Übersichtspublikationen bzw. Reviews (Felleman und van Essen 1991; Pitkänen, 2000) und Lehrbüchern (Kandel et al., 2000; Squire, 2008) vergleichen. In diesen Arbeiten werden jedoch die beschriebenen Verbindungen nur allgemein funktionell interpretiert, während Konnektome statistisch und mittels Netzwerkanalysen systematisch untersucht werden. Auf der Grundlage solcher Netzwerkanalysen werden dann unterschiedliche funktionelle Aspekte abgeleitet.

Von Bailey et al. (1940, 1951) stammen erste Veröffentlichungen, in denen die Organisation von neuronalen Verbindungen spezifisch erfasst, beschrieben und visuell aufbereitet wurden. Später haben Felleman und van Essen (1991) sowie Young (1992), erstmals konnektionale Daten statistisch untersucht.

Der Begriff *Konnektom* wurde 2005 von dem Schweizer Neurowissenschaftler Patrick Hagmann (Hagmann et al., 2005) und Olaf Sporns erstmals verwendet (Sporns 2012, Sporns, 2011a, b) und mit Bezug zu anderen „Omics“-Begriffen wie Proteomics (Gesamtheit der

Proteine) und Genomics eingeführt. Der Begriff dient dazu die verschiedenen Regionen des Nervensystems als konnektionale Gesamtheit anzusehen und deren neuronale Beziehungen und Interaktionen zu betonen.

Das Gebiet der Konnektomik, welches die Struktur, Dynamik (Reijneveld et al., 2007) und Funktion von realen neurobiologischen Netzwerken, im Gegensatz zu künstlichen neuronalen Netzwerken untersucht, entwickelt sich seit nun gut 20 Jahren. In der methodischen Konnektom-Forschung werden vor allem statistische und graphenanalytische Techniken zur Erkennung von Gebieten in Konnektomen entwickelt, die vergleichbare Verbindungseigenschaften aufweisen (Community detection) (Kaiser, 2011; Sporns, 2011a, b; Rubinov und Sporns, 2010). Mit Hilfe verschiedener Tracing Verfahren (Swanson, 2000; Thompson und Swanson, 2010) werden Verbindungsdaten in der neuroanatomischen Konnektom-Forschung erzeugt. Ebenso stellt die Untersuchung und Weiterentwicklung von Schnittstellen, der Datenaustausch, die Visualisierungsmöglichkeiten und die Berechnungsmethoden komplexer Konnektomdaten (Stephan et al., 2001; Gerhard et al., 2011; Schmitt et al., 2012) den Fokus der Neuroinformatik in der Konnektom-Forschung dar. In den vergangenen Jahren sind mehrere kompetitive Konnektom-Großprojekte wie das *Human Connectome Project* (<http://www.humanconnectomeproject.org>), *ConnectomeViewer* (<http://connectomeviewer.org/viewer>), *NIH Human Connectome Project RFA* (<http://humanconnectome.org/>), *Brain Connectivity Toolbox* (<http://www.indiana.edu/~cortex/connectivity.html>), *Wormatlas Project* (<http://www.wormatlas.org/>) und *CoCoMac* (<http://www.cocomac.org/cocodat/>) etabliert worden, die zeigen, dass Konnektom-Forschung einen wichtigen Beitrag zum funktionellen Verständnis neuronaler Systeme liefert.

An Hand der unterschiedlichen Betrachtungsebenen (*Levels, Scales*), die häufig mit der physikalischen Auflösung von Nervensystemen in Beziehung stehen, lassen sich Konnektome grundsätzlich untersuchen. Synapsen und einzelne spezielle zelluläre Verbindungen werden auf der *Mikroskala* erfasst (Hammer et al., 2015). Auf der nächst höheren Ebene der *Mesoskala*, erfolgt die Betrachtung neuronaler Schaltkreise (z.B. Interneuron-Projektionsneuron Schaltkreise des Neokortex oder Schaltkreise von CHAT Interneuronen und GABAergen medium spiny Zellen im Caudatus Putamen Komplex) (Beier et al., 2015; Schwarz et al., 2015). Die *Makroskala* präsentiert Verbindungen, die durch nichtinvasive Bildgebungsverfahren auch *in vivo* zur Darstellung gebracht werden (Johansen-Berg und Behrens, 2009; Basser und Özarslan, 2009; Sporns, 2011a, b). Wie auch die in dieser Arbeit analysierten Verbindungen werden Wechselbeziehungen zwischen Kerngebieten derzeit als Konnektome der Makroskala betrachtet.

## 1.4 Tract-Tracing

Mit Hilfe von Tract-Tracing Experimenten können die für die Erstellung eines Konnektoms benötigten Verbindungs-Daten generiert werden.

Es wurden dazu in dieser Arbeit ausschließlich publizierte Tract-Tracing Publikationen, die an gesunden postnatalen Ratten durchgeführt wurden, in Form einer Metastudie retrospektiv ausgewertet bzw. erfasst.

Die Tracer werden zur Durchführung der Tract-Tracing-Studien in ausgewählte Gehirnstrukturen oder periphere Organe injiziert, um diese nach einer gewissen Latenzzeit in Bereichen des Zentralnervensystems aber auch des peripheren Nervensystems detektieren zu können, die mit dem Injektionsort in Verbindung stehen.

Der axonale Transport chemischer Substanzen („Tracer“) oder neurotropher Viren kann anterograd, in Richtung der terminalen Synapsen oder auch umgekehrt in retrograde Richtung erfolgen. Häufig werden Tracer jedoch sowohl anterograd als auch retrograd transportiert (bilateral). Der Nachweis kann beispielsweise bei radioaktiv markierten Aminosäuren über den radioaktiven Zerfall (Autoradiographie) oder über den optischen Nachweis des Tracers bzw. die Dokumentation seiner Reaktionsprodukte (Zaborszky et al., 2006) durchgeführt werden. Eine wichtige Eigenschaft von Tract-Tracing Experimenten ist die Richtungsspezifität der Tracersubstanzen, so dass in den ausgewerteten Publikationen eindeutige Ursprünge bzw. Regionen der Somata und Ziele bzw. Regionen der axonalen Terminalen beschrieben werden und somit ein indirekter Hinweis auf die Ausbreitung von Aktionspotentialen gegeben wird. Im Folgenden wird diese Richtungsspezifität als *orientierte Verbindung* oder gerichtete Verbindung bezeichnet und abgegrenzt gegenüber Verfahren, die zwar neuronale Verbindungen nachweisen können (DTI-Messungen), aber es nicht erlauben die Richtung der physiologischen Ausbreitung von Aktionspotentialen direkt oder indirekt festzulegen.

Tracersubstanzen können in physiologische und physikochemische Tracer unterteilt werden. Physiologische Tracer werden von einem Neuron *in vivo* oder *in vitro* aufgenommen und von ihm transportiert. Grundlage dieser Arbeit waren Publikationen, in denen physikochemische Tracer angewendet wurden, wobei es sich größtenteils um den Transport von Farbstoffen (Fast Blue, Fluorogold) oder indirekt nachweisbaren Tracersubstanzen (PHA-L, WGA, HRP u.a.) nach Injektion in Hirngebiete handelt (Philipp, 2012).

Es werden drei Aufnahmewege für Tracersubstanzen genutzt, damit diese in Neuronen des lebenden Organismus transportiert werden oder diffundieren (lipophile Tracer wie DiI). Am

häufigsten wird die Aufnahme der Substanz mittels aktiven Transports über Axone oder Dendriten genutzt. Besonders effizient ist hier die Rezeptor-vermittelte-Aufnahme, bei der nur geringe Konzentrationen des Tracers erforderlich sind (1-5%). Ferner besteht die Möglichkeit Stoffe über den vesikulären Transport aufzunehmen, was vorteilhaft für das Tracing über längere Distanzen ist. Eine passive Aufnahme erfolgt über einen Konzentrationsgradienten und bildet einen weiteren wichtigen Aufnahmeweg. Die Wirksamkeit dieser Methode hängt von der Permeabilität der Membran für unprotonierte Substanzen ab. Außerdem stellt die intrazelluläre Injektion eine weitere Applikation dar, welche sich vor allem zur Darstellung der Zellmorphologie eignet (Köbbert, 2000).

In der Rostocker-Konnektom-Arbeitsgruppe wurden bis 2017 über 6400 Tract-Tracing Publikationen ausgewertet, in denen 223 unterschiedliche, meist modifizierte Tracer eingesetzt wurden.

## **1.5 Nicht-Tracer basierte Methoden zur Erfassung von Konnektivitäten**

Im Folgenden werden acht Methoden (postläsionale Degeneration, Strychnin-Neuronographie, digitale Polarisationsmikroskopie, knife-edge scanning microscopy, Laserscanning-Photostimulation, Brainbow, Virus basiertes Tract-Tracing, diffusionsgewichtete Kernspintomographie und Traktographie) beschrieben, aus denen Daten zur Erzeugung nicht-orientierter und orientierter Konnektome erzeugt werden können.

Eine relativ unspezifische Methode, Konnektivitäten unabhängig von Tracersubstanzen darzustellen, wird in *postläsionalen Degenerations-Studien* (Läsionsstudien) (Walker, 1938) angewendet, in denen selektive Silberimprägnationen dazu dienen, Verbindungen nachzuweisen (Fink und Heimer, 1967; Nauta und Gyax, 1954).

Strychnin ist ein Glycin- und GABA<sub>A</sub>-Rezeptor-Antagonist (Klee et al., 1992) und somit ein Disinhibitor lokaler neuronaler Erregung, was eine fokale epileptiforme Aktivität induzieren kann. Da Strychnin polysynaptisch wirkt, ist die *Strychnin-Neuronographie* (Dusser de Barenne und McCulloch, 1938; Dusser de Barenne und McCulloch, 1939) relativ unspezifisch hinsichtlich der Erfassung orientierter struktureller Konnektivitäten (Stephan, 2003).

Die *digitale Polarisationsmikroskopie* (Axer et al., 2011) kann zur hochaufgelösten Erfassung von Nervenfasern genutzt werden. Die Methode erlaubt es, über größere Gebiete in dicken histologischen Schnitten (ca. 100 µm) Nervenfaserverläufe zu erfassen (Palm et al., 2010). Die Methode ist ungeeignet, um orientierte strukturelle Konnektivitäten zur Generierung von Konnektomen zu detektieren, da die physiologische Ausbreitungsrichtung von Aktionspotentialen weder direkt noch indirekt (exakte Somata und axonale Terminalen Lokalisation) nicht visualisiert werden kann.

Ein High-Throughput-Verfahren (KESM: *knife-edge scanning microscopy* oder auch *serial block-face scanning electron microscopy*) für ultradünne Serienschnitte (50 nm) ist ebenfalls eine Methode zur Erzeugung von Konnektomen. Ziel dieses Ansatzes soll sogar eine *whole brain emulation* sein (Chung et al., 2011; McCormick 2002, McCormick et al. 2004). Im ATLUM-Projekt (Hayworth et al., 2006) ([http://www.mcb.harvard.edu/lichtman/ATLUM/ATLUM\\_web.htm](http://www.mcb.harvard.edu/lichtman/ATLUM/ATLUM_web.htm)) wurden mit dem KESM-Verfahren inzwischen hochaufgelöste Rekonstruktionen von Faserverläufen generiert. Wie jedoch typische technische Probleme (räumliche Beziehung zwischen Axon- und Dendritenanschnitten, Schnittverluste beim Trimmen) gelöst werden sollen, die nach einem Messerwechsel im Schneideprozess entstehen, bleibt offen. Größere Volumina zwischen Kerngebieten wurden mit diesem Verfahren bislang noch nicht rekonstruiert und damit hat diese Methode bislang noch nicht zur Generierung eines partiellen Konnektoms beigetragen. Stattdessen wird das Verfahren intensiv genutzt, um auf der synaptischen Ebene Mikroschaltkreise strukturell zu erfassen.

Mit der *Laserscanning-Photostimulation* (Farber und Grinvald, 1983; Callaway und Katz, 1993) werden lokale Schaltkreise erfasst. Es können Echtzeit-Visualisierungen der Aktivität an Axonverzweigungen, Dendritenbäumen und des Perikaryons vorgenommen werden. Publikationen, die Laserscanning-Photostimulation anwenden, wurden bei der Auswertung im Rahmen dieser Arbeit nicht berücksichtigt, da lediglich lokale Schaltkreise mit dieser Methode dargestellt werden können und keine Verbindungen zwischen Neuronen-Populationen weit entfernter Kerngebiete.

Eine weitere Methode zur Darstellung lokaler neuronaler Schaltkreise ist die Analyse von stochastisch rekombinierten *Brainbow* Transgenen Cre/lox. In transgenen Mäusen können aufgrund der kombinatorischen XFP (fluoreszierende Proteine) Expression dann bis zu 90 unterschiedliche Farben in Neuronen detektiert werden. Auch dieses Verfahren dient jedoch lediglich der Sichtbarmachung lokaler neuronaler Schaltkreise und wurde noch nicht für die Visualisierung von Konnektivitäten zwischen weiter entfernten Neuronenpopulationen eingesetzt (Livet et al. 2007; Lichtman et al. 2008).

Die *CLARITY*-Methode ersetzt den überwiegenden Teil der Lipide in Organen bei gleichzeitiger Fixierung. Dabei werden die nicht mehr von Zytoplasmamembranen isolierten Zellkomponenten in einem Nanoporen Hydrogel Medium mit einem räumlich kreuzvernetzten hydrophilen Polymer verbunden (Chung et al., 2013). Anschließend lassen sich sämtliche Neurone und deren Verbindungen immunhistochemisch selektiv darstellen, da das Polymer permeabel für Makromoleküle wie Antikörper ist. Die Fluoreszenzmikroskopie erlaubt dann, Verbindungen zwischen Zellpopulationen sichtbar zu machen. Diese Methode erfordert



allerdings eine aufwendige Zuordnung von Neuronen zu definierten Ursprungs- und Zielgebieten. Eine automatische Zuordnung ist derzeit aufgrund komplexer bildanalytischer Teilprobleme nicht möglich, wobei die Teilprobleme vor allem die Axon-Dendriten Klassifikation, 3D-Axontracing, Terminalen-Detektion, bildanalytische Registrierung von Atlasgebieten zu Neuronenpopulationen betreffen.

Mit *Virus basierten Tract-Tracing* (Loewy, 1998; Geerling et al., 2006) können neben monosynaptischen auch polysynaptische neuronale Verbindungen identifiziert werden. Da in Abhängigkeit vom verwendeten Virus nicht immer genau festgelegt werden kann, welche exakte Sequenz von Umschaltungen bei polysynaptischen Projektionen vorliegt und wie stark die anterograde und retrograde Ausbreitung der Viren ist, wurden Arbeiten zum viralen Tract-Tracing nicht ausgewertet. Die Ergebnisse von Virus basierten Tract-Tracing sind in den meisten Arbeiten mit relativ genauen Inkubationszeiten korreliert. Je länger die Inkubation desto mehr Neurone exprimieren die injizierten Viren. Bislang werden ungefähr 16 unterschiedliche Viren und rekombinante virale Vektoren für Tracing-Studien verwendet. Am häufigsten wurden Adenoviren, Pseudorabies Viren, Herpes simplex Viren, Lentiviren, Junin, Sindbis und Rabies Viren eingesetzt.

Die diffusionsgewichtete Magnetresonanztomographie (DWI) (Hagmann et al., 2010; Marcus et al., 2011) ermöglicht es, makroskopische Faserbündel *in vivo* beim Menschen und häufig verwendeten Kleintieren wie C57BL/6-Mäusen und Wistar-Ratten mit anschließender traktographischer Analyse darzustellen. Allerdings erlaubt auch dieses Verfahren keine direkte oder indirekte Aussage über die Ausbreitungsrichtung von Aktionspotentialen, so dass DWI-Publikationen bei der Auswertung nicht berücksichtigt wurden (Moldrich et al., 2010).

## **1.6 Fragestellungen**

Intrinsische und extrinsische Verbindungen der Hirnstamm Regionen der Ratte wurden bislang noch nicht in einer Metaanalyse von Tract-Tracing-Studien untersucht, in eine Datenbank integriert und die quantitativen Eigenschaften des Hirnstammkonnektoms und seiner Teilkonnektome untersucht. Daher sollen mit dieser Arbeit folgende Fragestellungen bearbeitet werden:

1. Wie viele Verbindungen des intrinsischen und extrinsischen Hirnstamm-Konnektoms sind bislang beschrieben worden?

2. Wie ist das Verhältnis von ipsi- und kontralateralen Verbindungen des Hirnstamm-Konnektoms?
3. Welche intrinsischen und extrinsischen Konnektivitäten des Hirnstamms dominieren hinsichtlich ihrer Projektionsgewichte?
4. Welche Verbindungen bestehen zwischen den Komponenten der Formatio reticularis und den übrigen Hirnstamm Regionen?
5. Wie stark sind intrinsische und extrinsische reziproke Verbindungen des Hirnstamms ausgebildet?
6. Wie sieht eine Rangbildung von lokalen Parametern (Bedeutsamkeit und Vulnerabilität von Hirnstamm-Regionen im intrinsischen Netzwerk) aus?

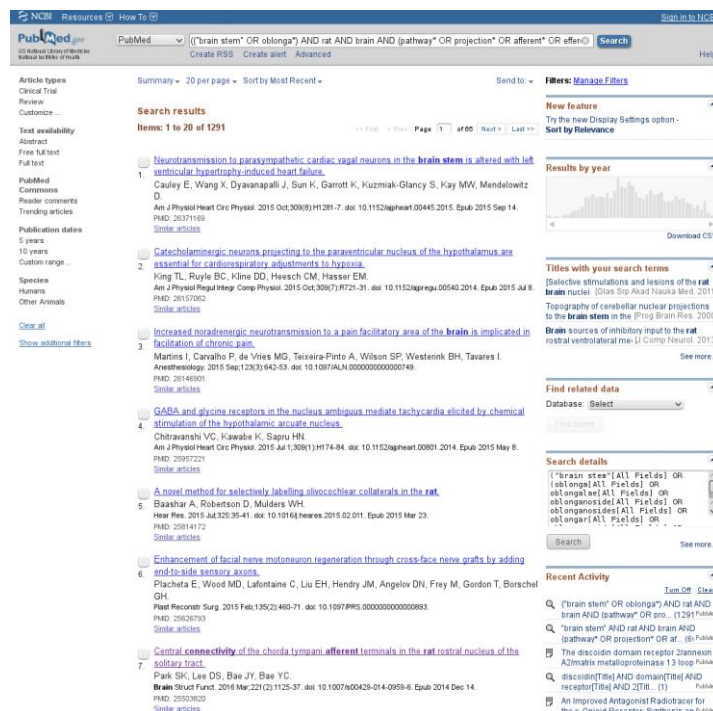
## 2 Material und Methoden

### 2.1 Material

Zur Erstellung dieser Arbeit, wurden vor allem aus der Literaturdatenbank *Pubmed* (<http://ncbi.nlm.nih.gov>) Publikationen, in denen Tract-Tracing-Experimente bei der Ratte beschrieben wurden, ausgewertet. Ergänzend wurden auch Publikationen von *Google Scholar* (<http://scholar.google.de/>) und *Web of Science* (<http://apps.webofknowledge.com/>) ausgewertet. Es wurden ausschließlich Tract-Tracing Studien des Nervensystems der postnatalen Laborratte berücksichtigt, da in diesem Organismus die meisten Publikationen (Oktober 2015: 6897) erschienen sind und sich somit ein besonders detailliertes Konnektom entwickeln lässt. Es wurden dabei Paper für sämtliche Regionen des Hirnstamms ausgewertet. Mit Hilfe des folgenden Filters wurden die Publikationen in Pubmed identifiziert. Der unveränderliche Teil des Filters lautet wie folgt:

(AND rat AND brain AND (pathway\* OR projection\* OR afferent\* OR efferent\* OR connect\*) AND (trace\* OR tracing OR retrog\* OR anterog\*) NOT (virus OR viral))

Dieser wird durch den Operator „AND“ mit dem variablen Teil verknüpft, der aus dem Begriff („brain stem“ OR oblonga\*) besteht. Mit dem Filter wurden 1291 Arbeiten ermittelt (Abbildung 4).



**Abbildung 4:** Suchergebnis von Pubmed nach Anwendung des Suchausdruckes für Hirnstamm Tract-tracing Publikationen (s.o.).

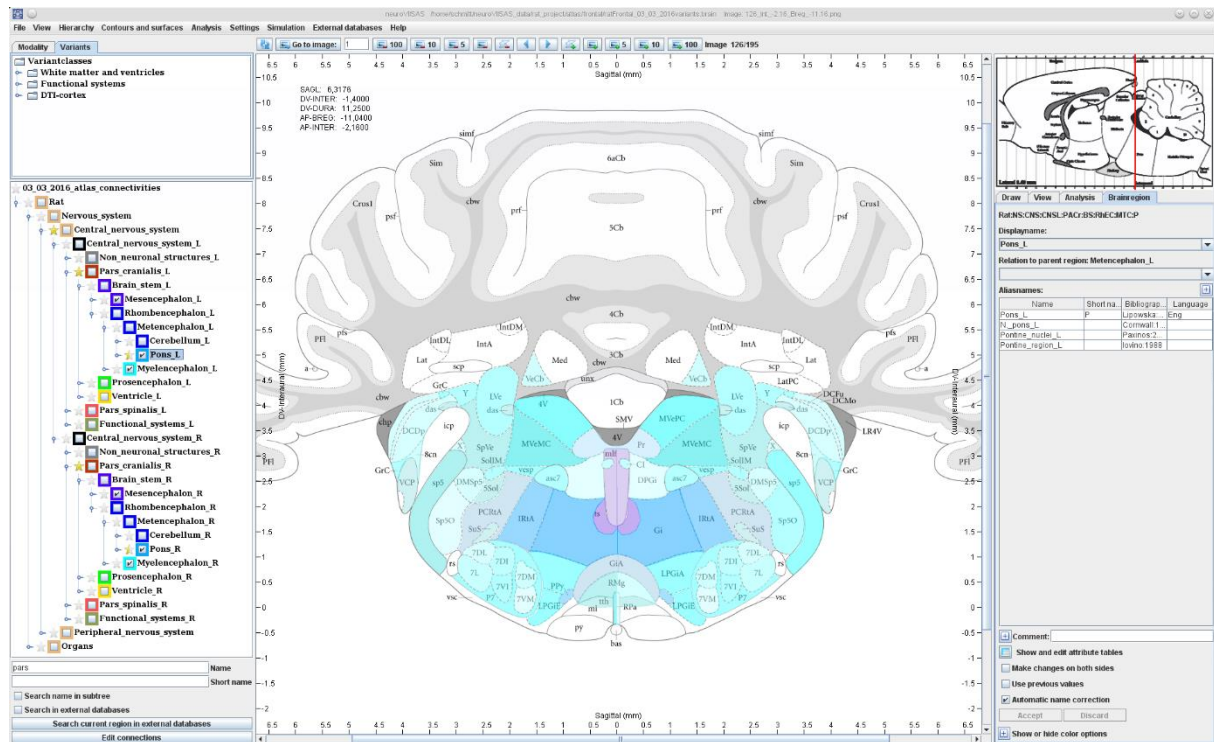
Von den gefundenen Veröffentlichungen, wurden nach abgeschlossener Suche noch jene Studien ausgeschlossen, die eine andere Spezies als die der Ratte oder nur pränatale

Entwicklungsstufen der Tiere untersuchten. Weiterhin wurden ebenfalls Läsions-, Transplantat- und Entwicklungsstudien aussortiert. Die Konnektivitätserfassung erfolgte unabhängig vom Geschlecht der Versuchstiere. Resultat dieser ausgiebigen Vorauswahl sind insgesamt 720 Arbeiten, die zur endgültigen Auswertung selektiert wurden. Zusätzlich werden in 2845 Publikationen Verbindungen zu oder von Gebieten des Hirnstamms beschrieben (extrinsische Verbindungen), die für die Analyse der extrinsischen Konnektivität genutzt werden. Aufgrund von Konnektom-Themen anderer Promotionen ergaben sich häufig Überschneidungen. In dieser Analyse wurden von den gefilterten Publikationen die noch nicht ausgewerteten Publikationen bearbeitet.

Die relevanten Publikationen, wurden dann entweder direkt über die digitalen Datenbanken der Verlage, mittels der Suchmaschine Google oder auch über die Fernleihe der Universitäts-Bibliothek Rostock angefordert. Die nach den zuvor benannten Auswahlkriterien herausgefilterten Publikationen wurden dann in das Open Source Literaturprogramm JabRef (<http://jabref.sourceforge.net/>) eingepflegt. Dies ermöglicht es die gesamten Tracerstudien als Textdatei im bibtex-Format zu speichern und sie dann in das Auswertungs-Programm *neuroVIISAS* zu importieren. Dadurch gelingt es eine exakte Verbindung zwischen den eingelesenen Publikationen und ermittelten konnektionalen Daten herzustellen.

## **2.2 neuroVIISAS**

Der Programmname *neuroVIISAS* steht für das neuro Visualization Image Information System Analysis and Simulation Programm (Schmitt und Eipert, 2012), bei welchem es sich um ein generisches und damit nicht auf bestimmte Spezies oder Komponenten des Nervensystems festgelegte Software handelt, die der Integration und Simulation von neurowissenschaftlichen Daten dient. Hierzu zählen zum Beispiel neben Tract-tracing- und Konnektivitätsdaten ebenso beliebig gefärbte histologische Serienschnitte, Neuroontologien, neurophysiologische Daten sowie Funktionsdaten und viele weitere (Abbildung 5). Das Programm ermöglicht eine umfassende Erfassung von Konnektivitäten, deren Verwaltung in Projektform organisiert ist, die sich zum Beispiel an Hand von verschiedenen Organismen bzw. Spezies gliedern lassen. In der hier vorliegenden Arbeit findet das Ratten-Atlas Projekt (ratFrontal\_03\_03\_2016\_atlas.brain) Anwendung. In diesem finden sich bisher 6621 ausgewertete Tract-Tracing Publikationen, die wiederum 565820 Konnektivitäten aus sämtlichen Gebieten des Nervensystems der Labormaus enthalten. Alle Analysen und Visualisierungen in dieser Arbeit wurden mit *neuroVIISAS* durchgeführt.



**Abbildung 5:** Hauptfenster von *neuroVIISAS*. Im linken Teilfenster ist die Gebiets-Gliederung anhand einer Baumstruktur sichtbar. Mit der darunter befindlichen Suchmaske können einzelne Kerngebiete nach Eingabe von Abkürzungen oder Langnamen gesucht werden. Die mittlere Ansicht veranschaulicht die Lage des jeweiligen Hirnschnittes. Transparent eingefärbt wurden die in diesem Schnitt sichtbaren Regionen des Hirnstammes, die Nervenzellen enthalten, wobei Faserbahnen nicht ausgewählt wurden.

## 2.3 Literatursauswertung

Vor der eigentlichen Auswertung der Paper, erfolgte eine Überprüfung, ob in der vorliegenden Publikation tatsächlich die Spezies Ratte verwendet wurde und ob diese postnatal war. Ferner wurde geprüft, ob es sich wirklich um eine Tracer-Studie handelte. Verbindungen, die mittels viralen Tracern oder mittels Degenerations-Methoden sowie transgenen Ratten durchgeführt wurden, wurden von der Auswertung ausgeschlossen. Es wurden jedoch auch Konnektivitäten in Arbeiten erfasst, die intrazelluläre Injektionen von Biozytin u.a. angewendet haben, sofern die Konnektivitäten detailliert dokumentiert wurden und Perikarya Lokalisationen sowie genaue axonale Terminalen Positionen beschrieben wurden.

Die Eigenschaften der Tracer wurden meist im Material und Methoden Abschnitt des jeweiligen Papers beschrieben. Ferner wurden hier auch der Injektionsort und die untersuchten Zielregionen als auch die jeweilige Transportrichtung dokumentiert (anterograd, retrograd oder bidirektional). Eine Übersicht der Tracersubstanzen findet sich in tabellarischer Form im Anhang (Tabelle 11).

Die im Mittelpunkt der Arbeit stehenden Konnektivitäten zwischen den verschiedenen Kern- bzw. Untergebieten werden im Result-Abschnitt der Publikation beschrieben. Die Wichtungen

der verschiedenen Verbindungen erfolgten dabei meistens semiquantitativ in deskriptiver, tabellarischer oder auch symbolischer Form durch Angabe verschiedener Zeichenkombinationen (+, ++, +++ oder \*, \*\*, \*\*\*). Zur genauen Erfassung der Konnektivitäten, wurden diese nach dem Herauslesen markiert und entsprechend der Gewichtung in der unten aufgeführten Tabelle berücksichtigt. Gab es zu einer Verbindung keine genauen Aussagen, die eine Wichtung im Rahmen der unten stehenden Angaben zuließen, bestand die Möglichkeit diese vergleichend mit einer detailliert beschriebenen Konnektivität in Beziehung zu setzen. Wurde also beispielsweise eine Verbindung konkret als „moderate“ (2) eingestuft und eine zweite Konnektivität als nur geringfügig schwächer beschrieben, erhielt diese eine Wichtung von 1,5. Ließen sich in seltenen Fällen an Hand des Textes bzw. der darin enthaltenden Abbildungen keine Rückschlüsse auf die Intensität einer Verbindung schließen, erhielten diese einen Dichtewert von „-0,5“ zugeordnet. Eine Übersicht über die besonders häufig benutzten Begriffe zur Beschreibung von Verbindungsdichten wurde in Tabelle 1 aufgeführt.

Bei der abschließenden Zusammenstellung der Konnektivitäten musste besonders auf die eindeutige Zuordnung, der von den Autoren häufig mannigfaltig verwendeten Synonyme, für verschiedene Hirngebiete zu der in *neuroVIISAS* verwendeten Nomenklatur geachtet werden. So findet man beispielsweise den Namen des „Globus pallidus medialis“ nach der *neuroVIISAS* Nomenklatur als „medial globus pallidus“ wieder. Die gesammelten Informationen wurden im nachfolgenden Arbeitsschritt in Form einer Excel Tabelle zusammengetragen. Diese enthielt neben der ermittelten Wichtung der Konnektivitäten die genaue Bezeichnung des Kerngebietes und einen dazu entsprechenden Kurznamen, der mittels *neuroVIISAS* nachgeschlagen werden konnte. Häufig fand sich hierbei eine lange Liste von Kurznamen und Synonymen, wobei in der Regel der Erste und somit auch meistgebräuchlichste Name verwendet wurde.

Verbindungen zur kontralateralen Seite wurden in der Tabelle durch die Bezeichnung „CONTRA“ gekennzeichnet. Eine exakte Seitenangabe wurde nicht eingetragen, da diese in den meisten Fällen nicht explizit angegeben wurde.

**Tabelle 1:** Gewichte der Verbindungen und die dazugehörigen Bezeichnungen. Weitere Begriffe mit Gewichtszuordnungen sind in Tabelle 13 aufgeführt.

Gewicht	Terminus
-3	unknown, not known
-2	fibers of passage
-1	not clear
-0,5	Exists
0	not present
0,5	very light
1	light / sparse
1,5	light / moderate
2	moderate / dense
2,5	moderate / strong
3	Strong
4	very strong

## 2.4 Tabellen

Die aus den verschiedenen Publikationen herausgefilterten Informationen wurden abschließend in standardisierten Excel Tabellen akkumuliert (Abbildung 6). Dieses von Burns (1997) beschriebene Vorgehen ist flexibel und beruht auf einer beliebig langen Tabelle mit einer Kopfzeile, welche die Spaltendefinitionen enthält. Eine Erweiterung erfolgte hierbei nur im Rahmen des Hinzufügens einer Langnamen- sowie einer Ursprungs- und Zielregionsspalte sowie den 5 letzten Spalten (Abbildung 6). Um die fertiggestellten Tabellen im Anschluss in das *neuroVIISAS* Programm importieren zu können, wurden sie nach der endgültigen Bearbeitung mit einem Tabellenverarbeitungsprogramm (LibreOffice Calc, Microsoft Excel) als strukturierte Textdatei (csv Format mit Tabulator als Spaltenseparator) exportiert (Abbildung 7). Das Import-Fenster von *neuroVIISAS* nach dem Import der csv-Datei ist in Abbildung 8 dargestellt.

	Source	Target	Description of target	Weight	Lesion	Reference	Tracer	Case	Animal	Labeling	Some	Somestate	Laterality	Terminal	Terminal?	Terminal	Tracer?	Modality	Page	Annotation	Colabor	Date	Sex
1																							
2	central neocortical tegmental anesthesia area	RMTGA	PPTg	3		Subhydroly 2006	BOA				RMTGA	CONTRA	PPTg	IPS	a						Beier	24-10-2014	M
3	central neocortical tegmental anesthesia area	RMTGA	PAG	2		Subhydroly 2006	BOA				RMTGA	CONTRA	PAG	IPS	a						Beier	24-10-2014	M
4	central neocortical tegmental anesthesia area	RMTGA	PAG	-0,5		Subhydroly 2006	BOA				RMTGA	CONTRA	PAG	IPS	a						Beier	24-10-2014	M
5	central neocortical tegmental anesthesia area	RMTGA	DR	3		Subhydroly 2006	BOA				RMTGA	CONTRA	DR	IPS	a						Beier	24-10-2014	M
6	central neocortical tegmental anesthesia area	RMTGA	DR	-0,5		Subhydroly 2006	BOA				RMTGA	CONTRA	DR	IPS	a						Beier	24-10-2014	M
7	central neocortical tegmental anesthesia area	RMTGA	DR	3		Subhydroly 2006	BOA				RMTGA	CONTRA	DR	IPS	a						Beier	24-10-2014	M
8	central neocortical tegmental anesthesia area	RMTGA	LC	2		Subhydroly 2006	BOA				RMTGA	CONTRA	LC	IPS	a						Beier	24-10-2014	M
9	central neocortical tegmental anesthesia area	RMTGA	SubC	2		Subhydroly 2006	BOA				RMTGA	CONTRA	SubC	IPS	a						Beier	24-10-2014	M
10	central neocortical tegmental anesthesia area	RMTGA	GI	3		Subhydroly 2006	BOA				RMTGA	CONTRA	GI	IPS	a						Beier	24-10-2014	M
11	central neocortical tegmental anesthesia area	RMTGA	GA	3		Subhydroly 2006	BOA				RMTGA	CONTRA	GA	IPS	a						Beier	24-10-2014	M
12	central neocortical tegmental anesthesia area	RMTGA	MD	2		Subhydroly 2006	BOA				RMTGA	CONTRA	MD	IPS	a						Beier	24-10-2014	M
13	central neocortical tegmental anesthesia area	RMTGA	M/L	1		Subhydroly 2006	BOA				RMTGA	CONTRA	M/L	IPS	a						Beier	24-10-2014	M
14	central neocortical tegmental anesthesia area	RMTGA	M/L	-0,5		Subhydroly 2006	BOA				RMTGA	CONTRA	M/L	IPS	a						Beier	24-10-2014	M
15	central neocortical tegmental anesthesia area	RMTGA	MD	1		Subhydroly 2006	BOA				RMTGA	CONTRA	MD	IPS	a						Beier	24-10-2014	M
16	central neocortical tegmental anesthesia area	RMTGA	MD	-0,5		Subhydroly 2006	BOA				RMTGA	CONTRA	MD	IPS	a						Beier	24-10-2014	M
17	central neocortical tegmental anesthesia area	DMTGA	PPTg	3		Subhydroly 2006	BOA				DMTGA	CONTRA	PPTg	IPS	a						Beier	24-10-2014	M
18	central neocortical tegmental anesthesia area	DMTGA	PAG	3		Subhydroly 2006	BOA				DMTGA	CONTRA	PAG	IPS	a						Beier	24-10-2014	M
19	central neocortical tegmental anesthesia area	DMTGA	PAG	-0,5		Subhydroly 2006	BOA				DMTGA	CONTRA	PAG	IPS	a						Beier	24-10-2014	M
20	central neocortical tegmental anesthesia area	DMTGA	DR	3		Subhydroly 2006	BOA				DMTGA	CONTRA	DR	IPS	a						Beier	24-10-2014	M
21	central neocortical tegmental anesthesia area	DMTGA	DR	-0,5		Subhydroly 2006	BOA				DMTGA	CONTRA	DR	IPS	a						Beier	24-10-2014	M
22	central neocortical tegmental anesthesia area	DMTGA	DR	3		Subhydroly 2006	BOA				DMTGA	CONTRA	DR	IPS	a						Beier	24-10-2014	M

**Abbildung 6:** Ausschnitt aus dem Tabellenverarbeitungsprogramm LibreOffice Calc mit einer typischen Auswertung von Konnektivitäten.

Im Folgenden werden die Begriffe im Tabellenkopf jeder Auswertungstabelle und deren Bedeutung erläutert (Philipp, 2012):

- Source: Ursprungsregion einer Konnektivität, die Somata der projizierenden Neuronen enthält. In der Spalte vor Source wurde die vom Autor verwendete Bezeichnung der jeweiligen Region zur eindeutigen Identifizierung eingetragen.
- Target: Zielregion einer Konnektivität die Axonendigungen der projizierenden Neuronen enthält. In die auf Target folgenden Spalte wurde analog zu Source die vom Autor verwendete Bezeichnung der jeweiligen Region zur eindeutigen Identifizierung eingetragen.
- Weight: Gewicht bzw. Dichte der Projektion (siehe Tabelle 2).
- LessIpsi: Ipsicontra: Relationen in Hinblick auf Lateralität.z.B.  $i > c$ ,  $c > i$
- NC: nicht definiert.
- Reference: Publikationsschlüssel der bibtex Datei von JabRef.
- Tracer: Abkürzung der Tracersubstanz.
- Case: Abbildungsnummer, die die jeweilige Konnektivität dokumentiert.
- Animal: Nummer des Versuchstieres, in welchem eine Konnektivität gefunden wurde.
- Labelling: Gewicht einer Konnektivität.
- Soma: Eindeutige Abkürzung der Region, die Zellkörper einer Projektion enthält.
- SomaNote: Kommentare zu der Region, die Zellkörper einer Projektion enthält.
- Laterality: bei ipsilateralen Verbindungen: „IPSI“, bei kontralateralen Verbindungen „CONTRA“.
- Terminal: Eindeutige Abkürzung der Region, die Axonterminale enthält.
- TerminalNote: Freie Kommentare zu der Region, die Axonterminale einer Projektion enthält.
- Terminalic: bei ipsilateralen Verbindungen: „IPSI“, bei kontralateralen Verbindungen „CONTRA“.
- TransportDirection: retrograd „r“, anterograd „a“, retrograd und anterograd „a/r“
- Modality: C für axon collateral, P: für pathway
- Page: Seite in Publikation, auf der Verbindung beschrieben wird
- Annotation: Freies Anmerkungs- oder Kommentarfeld für Verbindung
- Collator: Nachname der Person, die Verbindung aus Publikation ausgewertet hat
- Date: Datum, an welchem Verbindung in Tabelle eingetragen wurde

Für die „csv“-Version werden die Langnamen der Kerngebiete aus der Tabelle entfernt. Für den Datenimport muss ein Tabulatorzeichen als Delimiter eingefügt werden, damit die Abgrenzung der einzelnen Zellelemente möglich wird.



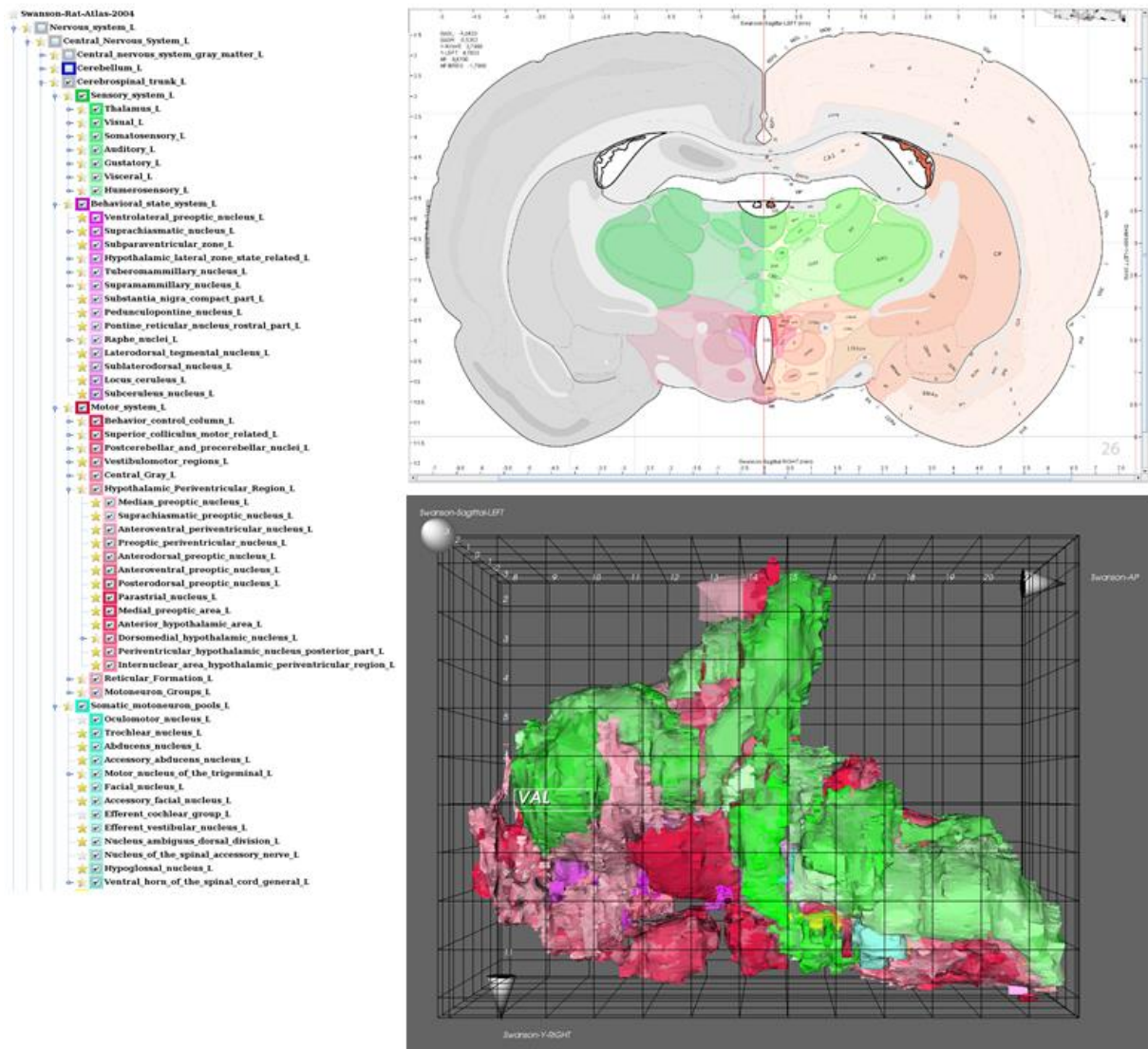
**Abbildung 7:** Struktur einer Textdatei, die aus einem Tabellenprogramm exportiert wurde. Diese csv-Textdateien lassen sich in *neuroVIISAS* einlesen.



Die in den csv-Textdateien kodierten Verbindungen der ausgewerteten Tract-Tracing Publikationen wurden alle in *neuroVIISAS* importiert. Danach wurden aus der Neuroontologie des Ratten-Konnektom-Projektes die Regionen des Hirnstammes im Modul *Erweiterte Konnektivitäten-Analyse* gefiltert (Abbildung 10). Die räumliche Verteilung der Regionen in der Medulla oblongata und im Mesenzephalon wurde mit einer 3D-Rekonstruktion dargestellt (Abbildung 11). Die im Ergebnisteil folgenden Analysen der Verbindungsmatrizen (Adjazenzmatrizen), der extrinsischen Konnektivitäten, der intrinsischen Konnektivitäten, der globalen und lokalen Parameter benutzen genau diese Regionenauswahl.

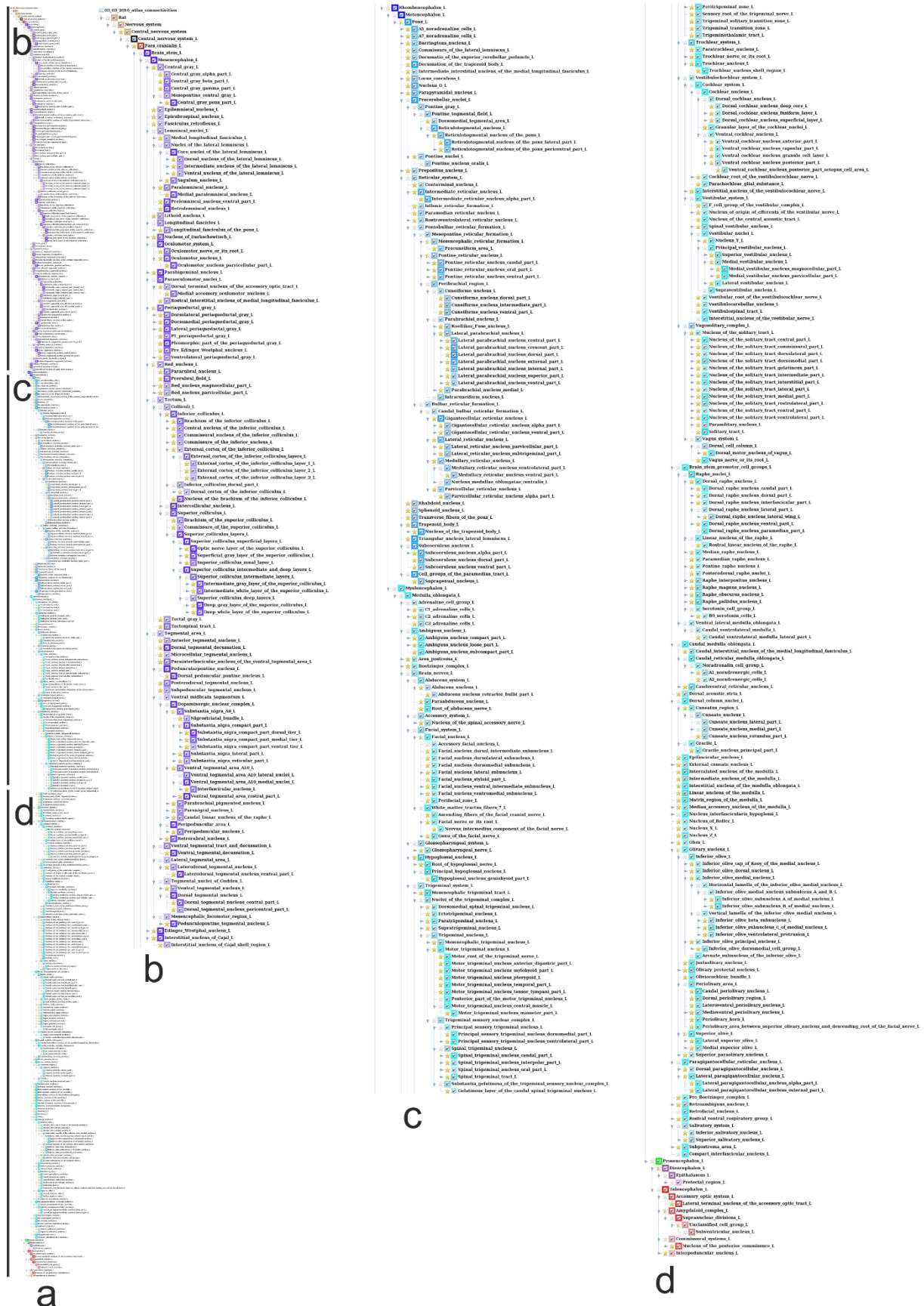
Die vorliegende Auswahl der Regionen des Hirnstammes ist ein zentraler Arbeitsschritt vor der Untersuchung des Hirnstamm-Konnektoms, da nahezu jede Konnektomeigenschaft von der Regionenauswahl bestimmt wird. Da die Unterteilungen des Hirnstammes variieren, wurden die Regionen in das Konnektom aufgenommen, über die ein Konsens besteht. Ausgegangen wurde von den im stereotaktischen Atlas von Paxinos abgegrenzten Hirnstammregionen und diese wurden ergänzt durch die Regionen des Hirnstammes, die in Büttner-Ennever und Horn (2014) aufgeführt werden.

In der hierarchischen Gliederung von Swanson (2004) umfasst der cerebrospinal trunk das Zwischenhirn, den Hirnstamm und das Rückenmark. Der Begriff „brainstem“ wird im Zusammenhang mit der hierarchischen Gliederung von Swanson lediglich in einem historischen Kontext verwendet (Swanson 2004, S. 204). Der cerebrospinal trunk wird funktionell unterteilt in ein sensory system (thalamus, visual, somatosensory, auditory, gustatory, humerosensory), ein behavioral state system mit Mehrfachuntergliederungen und schließlich in ein motoric system ebenfalls mit Mehrfachuntergliederungen. Diese Gliederung umfasst diverse Regionen die topographisch nicht zum Hirnstamm gehören wie beispielsweise thalamische und hypothalamische Gebiete. Daher sind diese extrinsischen Gebiete nicht in dem Konnektom des Hirnstammes „brainstem core regions“ enthalten. Sie werden jedoch bei der extrinsischen Konnektivitätsanalyse mit in die Konnektomanalyse eingebunden (Abbildung 9).



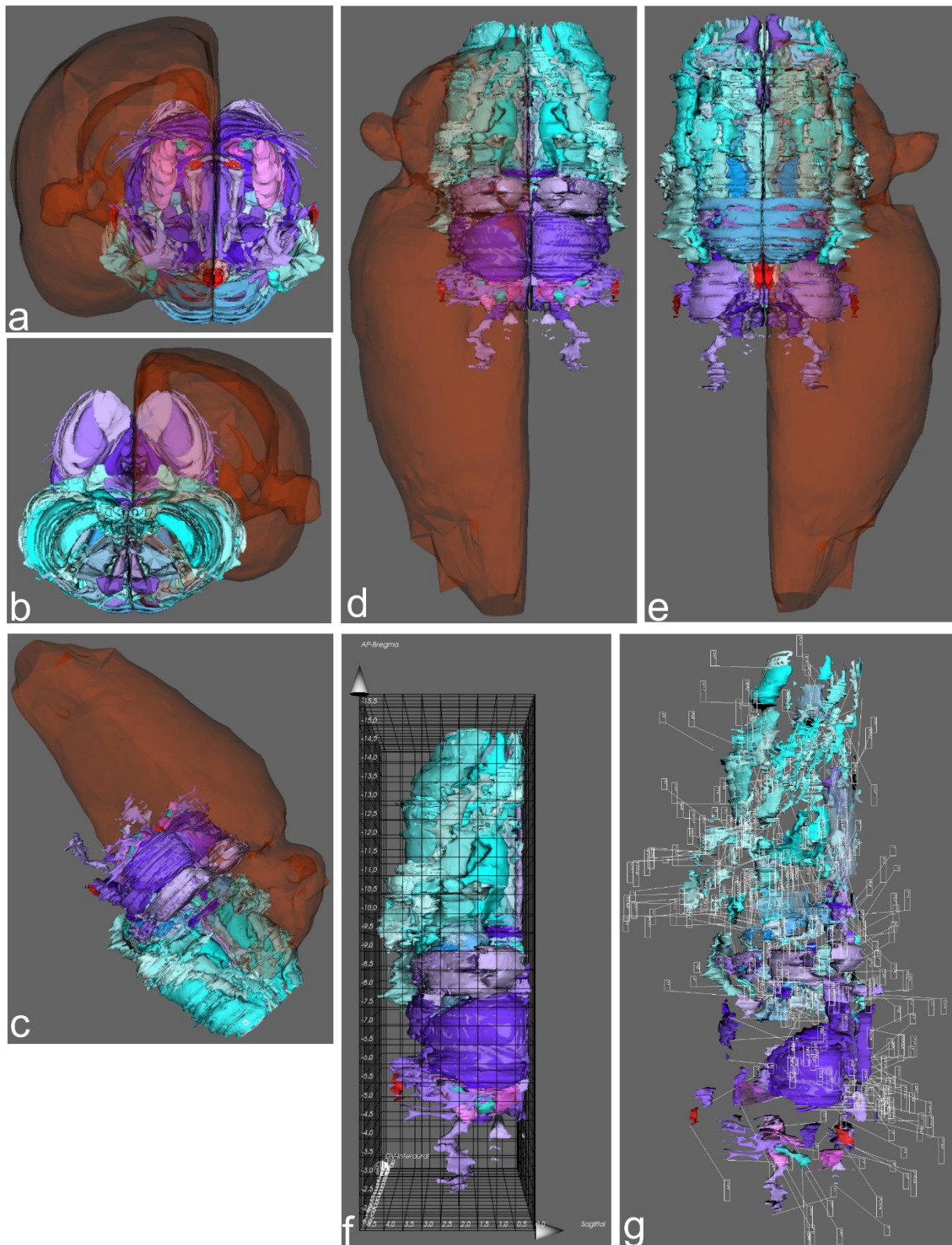
**Abbildung 9:** Linkshemisphärischer Zweig des cerebrospinal trunk von Swanson (2004) mit 2D- und 3D-Visualisierung.

Aufgrund der Einbeziehung von diencephalen Regionen und fehlender Abgrenzung des „brain stem“ in der Gebietshierarchie wurden die Hirnstamm-Regionen aus dem stereotaktischen Atlas von Paxinos (2015) verwendet unter Hinzufügung von Hirnstamm-Regionen, die in Büttner-Ennever und Horn (2014) definiert sind. Aus diesen Gliederungen wurden 310 Regionen einer Seite des ZNS ausgewählt, der unilaterale „brain stem core“ (BS).



**Abbildung 10:** Hierarchische Gliederung der Gebiete des Hirnstamms. a) Sämtliche unilateralen Hirnstammregionen. b) Oberer Ausschnitt aus a). c) Mittlerer Ausschnitt aus a). d) Unterer Ausschnitt aus a). Gelbe Sterne zeigen an, dass diese Gebiete im Atlas von Paxinos und Watson (2007) mit Konturen abgegrenzt sind.





**Abbildung 11:** Räumliche Rekonstruktion des BS. Ansichten: a) von vorn, b) von hinten, c) von schräg hinten d) von oben, e) von unten. f) BS ohne prosenzephal Hülle im stereotaktischen Koordinatengitter. g) Explosionsvisualisierung der linkshemisphärischen BS mit Regionen-Labeln.

## 2.6 Konventionen zur Bezeichnung von Hirnregionen in dieser Arbeit

Im Folgenden werden diverse Gebietsbezeichnungen verwendet, die genauso in der englischsprachigen Originalliteratur zu finden sind, womit Begriffsneubildungen durch Begriffsübersetzungen vermieden werden. Von Vorteil ist, dass die hier benutzten Begriffe direkt für die Recherche in Literatur- und Neuroanatomie-Datenbanken wie Neurolex, Braininfo und BAMS einsetzbar sind.

## 2.7 Visualisierung in Graphiken

Zahlreiche Abbildungen wurden als eps-Graphiken in diese Arbeit eingebettet, so dass es in der pdf-Version dieser Dissertation möglich ist, feine Details interaktiv mit einer pdf-Anzeige Software darzustellen. Die eps-Einbettung bringt es jedoch mit sich, dass es in der Bildschirmanzeige der WORD-Version zu einer relativ unscharfen Darstellung dieser Graphiken kommt.

## 2.8 Graphen und Netzwerke

Verbindungen zwischen einzelnen Neuronen sowie Neuronengruppierungen in Form von Kernen oder kortikalen Arealen lassen sich als *Graphen* darstellen. In der mathematischen Graphentheorie wird unter einem *Graphen* eine Struktur, die Objekte und deren Verbindungen beschreibt, verstanden. Derartige Graphen bestehen aus Knoten, die durch Kanten verbunden sein können. Die *Knoten* (Vertex, Vertices) des Graphen stellen eine Abstraktion von neuroanatomischen Kerngebieten oder Hirnarealen dar. Die *Kanten* geben an, welche Verbindungen bzw. Konnektivitäten (Axone) zwischen den Knoten, als Übertragungsweg für Aktionspotentiale existieren. Mittels Nutzung von antero- und retrograden Tracer-Substanzen ist es möglich Ursprünge (Perikaryen) und Ziele (Axonterminalen) zu erfassen und diese in einem Graphen als orientierte Verbindungen zu kodieren. Graphen, die aus solchen gerichteten Verbindungen aufgebaut sind, werden auch als *Digraphen* oder als *gerichtete Graphen* bezeichnet. Die ordinalskalierten Kantengewichte entsprechen Schätzungen von axonalen Dichten und stellen eine Kanteneigenschaft dar. In zahlreichen Publikationen die Tract-Tracing Befunde beschreiben, werden solche Schätzungen axonaler Dichten semiquantitativ angegeben. Eine gerichtete Verbindung zwischen zwei neuroanatomischen Regionen kann durch *mehrere* Axone oder Axonkollateralen repräsentiert werden. Ein weiterer Typ von Graph, in dem zwei Knoten durch mehrere Kanten (entsprechenden Axonen) verbunden sind, bezeichnet man als *Multigraph*. Dieser darf auch Schleifen oder Selbstreferenzen aufweisen.

Üblicherweise bezeichnet man einen Digraph mit gewichteten Kanten in der Graphentheorie als *Netzwerk*. Das im Folgenden analysierte BS-Konnektom ist also im Hinblick auf die Graphentheorie ein *Netzwerk* (Diestel 2006).

Ein Neuron ist meist aus einem Axon und Dendriten aufgebaut, deren Ende sich außerhalb des Gebietes befinden kann, in welchem sich das Perikaryon des Neurons befindet. „Außerhalb des Gebietes“ bezieht sich auf die betrachtete räumliche Auflösung. Für diese Konnektomstudie ist die räumliche Auflösung von Gebieten gemeint, wie sie im stereotaktischen Atlas (Paxinos 2015) verwendet wird. Bislang wurde in keiner Konnektom-Studie verdeutlicht, wie sich die im graphentheoretischen Sinn punktförmigen Ursprünge und Ziele von Verbindungen in Hinblick auf die häufig gebietsübergreifende Morphologie von Neuronen definieren lassen. Beispielsweise liegen die Somata von großen Pyramidenzellen meist in der Lamina 5 aber die dendritischen Endigungen dieser Zellen in den Laminae 1-3. Wo soll nun ein solches Neuron bezüglich aller seiner Fortsätze lokalisiert werden: in Lamina 5 oder in einer anderen Lamina? In dieser Arbeit wurde eine eindeutige Zuordnung von Ursprung und Ziel einer Verbindung für das Axon Initialsegment festgelegt, womit eine kleine umschriebene subzelluläre Struktur betrachtet wird, die eindeutig nur einer Region zugeordnet wird. Ein solcher kleinster biologischer Bezugspunkt wird auch als *charakteristischer Punkt* bezeichnet (Stereologie). Ursprünge und Ziele von Verbindungen werden als charakteristische Punkte angesehen, die eindeutig neuroanatomischen Gebieten zugeordnet werden können. Für das periphere Nervensystem muss ebenfalls ein charakteristischer Punkt für den Ursprung von neuronalen Erregungen („dendritisches Axon“) festgelegt werden, wobei diese Definition für die zentralnervösen Regionen des Hirnstammes in der vorliegenden Arbeit nicht erforderlich ist. Schließlich sollte die Gerichtetheit einer neuronalen Verbindung definiert werden, da hier zwei Sichtweisen möglich sind. Zum einen kann der Ursprung einer neuronalen Verbindung ausschließlich strukturell definiert werden, insofern die Verbindung ihren Ursprung dort hat, wo sich der charakteristische Punkt befindet und von hier aus die Verbindung zu einem Zielgebiet verläuft. Die Definition der Verbindung bezieht sich also allein auf den räumlichen Verlauf von dem charakteristischen Punkt zu mindestens einem Ende des Axons (präsynaptischer Abschnitt) oder zu den Endigungen mindestens zweier Kollateralen, die selbstverständlich auch in unterschiedlichen Regionen terminieren können. Die zweite Betrachtung von Gerichtetheit kann ausschließlich bezüglich der Ausbreitung eines Aktionspotentials unter normalen *in vivo* Bedingungen, also nicht in einem artifiziellen experimentellen System wie z.B. Dickschnitten oder organotypic slices für intrazelluläre Ableitungen vorgenommen werden. In diesem Fall ist die Gerichtetheit über die

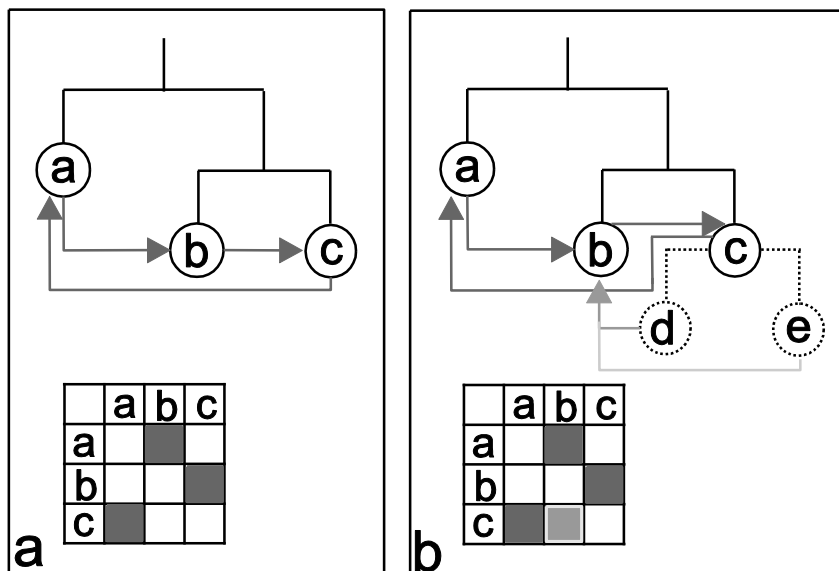
Ausbreitungsrichtung vom charakteristischen Punkt zu den Axonterminalen definiert. Meist entspricht die strukturelle Definition der neuronalen Gerichtetheit im ZNS der funktionellen Gerichtetheit. Bei der Auswertung von Publikationen wurden häufig uneindeutige Beschreibungen von Verbindungen gefunden, die eine einheitliche Interpretation erschweren. Aus diesem Grund ist eine klare Definition wichtig. Da Orientierung neuronaler Verbindungen in einem direkten Zusammenhang mit der neuronalen Dynamik in Netzwerken steht und diese vor allem durch die Ausbreitungsrichtung von Aktionspotentialen bestimmt wird, wurde die funktionelle Gerichtetheit einer neuronalen Verbindung als Definition für Ursprung und Ziel einer Verbindung festgelegt. Eine Ausnahme, die jedoch nicht für diese Arbeit relevant ist, findet sich für das periphere Nervensystem bezüglich transganglionärer Verbindungen, deren Ursprung nicht somanah ist, sondern somafern in der Körperperipherie und deren Ziel häufig ebenfalls nicht somanah liegt, sondern somafern im Zentralnervensystem auf spinaler oder supraspinaler Ebene.

Im Folgenden werden einfache aber häufig verwendete Begriffe, die selten eindeutig in Lehrbüchern der Neuroanatomie und Neurobiologie definiert werden, erläutert, da sie für die Untersuchung und Beschreibung von Konnektomen wichtig sind und unterschiedlich verstanden werden können: unilateral, bilateral, ipsilateral und kontralateral. Unilateral bedeutet eine Verbindung oder eine strukturell oder eine funktionell (sensorisches Sprachzentrum) definierte Region existiert nur in einer Hemisphäre oder einer Seite des ZNS. Bilaterale Verbindung bedeutet, eine Verbindung, die in beiden Hemisphären gleiche Regionen verbindet und zusätzlich die Ursprungsregion A der linken Hemisphäre mit einer Zielregion B in der rechten Hemisphäre (erster kontralateraler Anteil der bilateralen Verbindung) verbindet und desweiteren eine Verbindung von der Ursprungsregion A der rechten Hemisphäre zu einer Zielregion B in der linken Hemisphäre (zweiter kontralateraler Anteil der bilateralen Verbindung) besitzt.

Ipsilateral ähnelt zwar dem Begriff unilateral wird aber häufig im Zusammenhang mit der Anwendung von Tracing-Substanzen oder experimentell eingesetzten Substanzen (Neurotoxine, neuroprotektive Substanzen etc.) verwendet. Der Begriff *ipsilateral* bezeichnet eine Verbindung oder die Applikation einer Substanz oder die Beobachtung eines Effektes innerhalb einer Hemisphäre. Mit *kontralateral* wird die Verbindung einer Hemisphäre zur gegenüberliegenden Hemisphäre bezeichnet bzw. allgemeiner auch die Applikation von Substanzen und funktionelle Ereignisse und deren Effekte in der gegenüberliegenden Hemisphäre.



Die Gliederung der kortikalen Regionen wird als *azyklischer Graph* oder auch als hierarchische Gliederung dargestellt (Abbildung 10). Die Relationen der Regionen in dieser Hierarchie werden durch Attribute festgelegt („Teil von“, „benachbart zu“, „eingeschlossen von“, die zugleich eine Eigenschaft von *Ontologien* (Konzepte zur Wissensdarstellung) sind. Die neuronalen Verbindungen eines neuronalen Netzwerkes werden ebenfalls als Graph dargestellt, der jedoch *zyklisch* sein kann und eine ganz andere Wissenskategorie repräsentiert. Neuronale Verbindungen zwischen den in Abbildung 12 dargestellten Enden, die auch als *Blätter* bezeichnet werden, werden im Folgenden „direkte Verbindungen“ genannt. Häufig sind die Blätter aber noch weiter neuroanatomisch oder funktionell unterteilt. Diese nicht „aufgeklappten“ oder erweiterten Blätter sind unsichtbar. Eine wichtige Visualisierungseigenschaft von *neuroVIISAS* besteht darin, diese verdeckten neuronalen Verbindungen den sichtbaren Blättern zuzuordnen bzw. zu akkumulieren. Diese zusammengefassten Verbindungen von Untergebieten werden im Folgenden als „kumulierte Verbindungen“ oder „kumulierte Kanten“ bezeichnet. Nahezu alle graphenanalytischen und statistischen Funktionen können auf direkte oder kumulierte Verbindungsrepräsentationen in *neuroVIISAS* angewendet werden. Diese Funktionalität erlaubt es, besonders komplexe Verbindungsarchitekturen auf niedriger aufgelöste Beschreibungsebenen zu reduzieren, um besser allgemeine Verbindungsprinzipien zu erkennen und zu visualisieren (Abbildung 12).



**Abbildung 12:** Darstellung der Konzepte *direkte Kanten* und *kumulierte Kanten*. a) Exemplarische Regionenhierarchie mit den drei Regionen a, b und c. Die hellgrauen Pfeile stellen die Konnektivitäten zwischen den Regionen dar. Diese Gebiete und ihre Verbindungen lassen sich in der darunter stehenden Adjazenzmatrix veranschaulichen. b) Die gleiche Hierarchie wie in a) ist hier gezeigt. Die Hierarchie beinhaltet hingegen noch Untergebiete, die in a) verdeckt oder noch nicht „aufgeklappt“ wurden. Hier sind es die Gebiete d und e deren

gestrichelte Hierarchieverbindungen anzeigen sollen, dass sie nicht sichtbar sind. Auch diese nicht aufgeklappten Gebiete können Verbindungen besitzen, z.B. zu dem aufgeklappten Gebiet b. Diese unsichtbaren Verbindungen werden in der darunter abgebildeten Adjazenzmatrixdarstellung als kumulierte Verbindungen bezeichnet. Die mittelgraue Verbindung von d nach b und die hellgraue Verbindung von e nach b werden in der Adjazenzmatrixdarstellung kumuliert und wurden mit einer dunkelgrauen quadratischen Fläche (d→b) und einem hellgrauen Rahmen (e→b) dargestellt. In den Adjazenzmatrizen werden solche kumulierten Verbindungen quantitativ kumuliert und farbkodiert, um besser Verbindungsmuster zu erkennen. Die kumulierte Kantenberücksichtigung bietet also eine vollständigere Sicht der Verbindungen einer Knotenauswahl. Zugleich ist diese Darstellung eine Abstraktion und eine Distanzierung von der konkreten Verbindungsbeschreibung einer Publikation. Wichtig ist bei der Analyse von direkten und kumulierten Verbindungen, dass die entsprechenden Regionen der Adjazenzmatrizen identisch sind, die Verbindungsinhalte der Matrizen jedoch meist sehr unterschiedlich sein können (nach Meinhardt, 2017).

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Ausgewertete Publikationen

Die in den Datenbanken PubMed, GoogleScholar und Web of Science durchgeführte Literatursuche, lieferte mittels der im Material- und Methodenteil definierten Suchfilter (siehe Abschnitt 2.1) 1291 Arbeiten, in denen Verbindungen des BS beschrieben werden. In 587 Publikationen wurden intrinsische Verbindungen der 310 ausgewählten Regionen dokumentiert. In 1568 Publikationen werden extrinsische Verbindungen **zu** den 310 BS-Regionen und in 2274 Arbeiten werden extrinsische Verbindungen **von** BS-Regionen beschrieben (extrinsischer Output). Nachdem die einzelnen Publikationen ausgewertet wurden (siehe Abschnitt 2.4), erfolgte das Einlesen der Daten in das Programm *neuroVIISAS*. Dadurch wird veranschaulicht, dass BS-Verbindungen auch aus diversen Publikationen berücksichtigt werden können, welche nicht mittels der Literaturrecherche mit dem Schlüsselwort „brain stem\* OR oblonga\*“ gefunden wurden. Da diese Arbeiten in dem System von anderen Auswertern erfasst wurden, liegt somit ein vollständigerer Datenbestand für die Netzwerkanalysen des BS vor.

#### 3.2 Neuroontologie des BS-Konnektoms

Die 310 Regionen des BS sind bis zu der Gliederungsebene 17 (Hierarchietiefe des BS) aufgeteilt. Die maximale Hierarchietiefe des Gesamtkonnektoms beträgt 22. Die Knoten der Über- und Untergebiete haben meist topographisch-ontologische Attribute wie beispielsweise „part of“. Der Teilbaum des BS mit den meisten Untergebieten ist das Myelenzephalon.

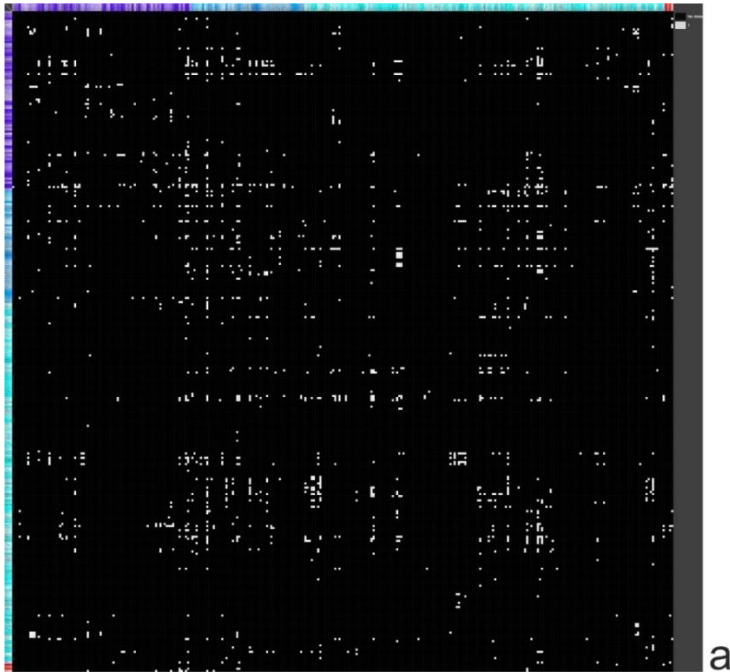
#### 3.3 Konnektivitätsanalyse des unilateralen BS-Netzwerkes

Die Auswertung erfolgt nach Auswahl von 310 Gebieten des BS (Filterdatei: bs.xml). Zu dieser Auswahl gehören die in Tabelle 14 aufgeführten Regionen. 293 dieser Regionen sind in dem stereotaktischen Atlas von Paxinos und Watson (2007, 2014, 2015) abgegrenzt (Abbildung 11) und 17 Regionen stammen aus der Hirnstamm-Gliederung von Büttner-Ennever und Horn (2014).

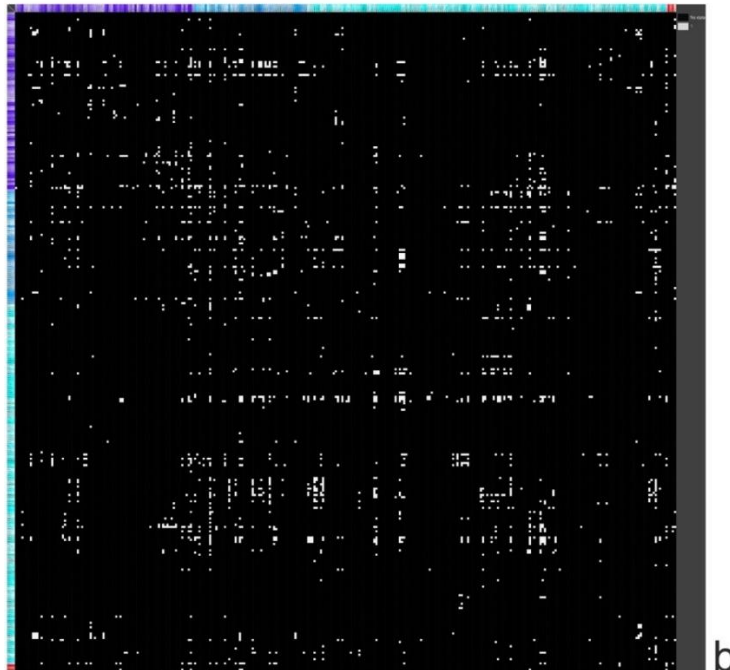
##### 3.3.1 Konnektivitätsmatrizen

Zunächst wird die *Adjazenzmatrix* des BS für direkte und kumulierte Verbindungen dargestellt. Hierzu wurde das „Advanced Connectivity Analysis“ Modul über das „Analysis“ Menue in *neuroVIISAS* aktiviert. Die Adjazenzmatrix oder Verbindungsmatrix ist eine  $n \times n$  Matrix für  $n$  Knoten, die hier neuroanatomischen Regionen entsprechen, mit Output-Zeilen (Efferenzen)

und Input-Spalten (Afferenzen). Eine bestimmte Position  $(i, j)$  ( $i$ : Output-Zeile,  $j$ : Input-Spalte) in der Adjazenzmatrix kann eine 1 oder eine 0 beinhalten, wenn der Output-Knoten über eine Verbindung zu einem Input-Knoten verfügt (1) oder eben keine Verbindung vorhanden ist (0). Mittels solcher Zuordnungen lassen sich *gerichtete Graphen* definieren. Je nach Inhalt einer Adjazenzmatrix lassen sich diese in unterschiedliche Kategorien einteilen. Zunächst wird die einfachste Kategorie, nämlich eine *einfache, binäre Adjazenzmatrix* vorgestellt, in der die Verbindungen als existent (1) oder nicht vorhanden (0) charakterisiert sind. Solche binären Adjazenzmatrizen wurden für die ersten Untersuchungen der Ergebnisse verwendet. Im Unterschied dazu werden bei der sogenannten *erweiterten Adjazenzmatrix*, die Gewichte von Verbindungen präsentiert. In den einführenden Konnektivitätsuntersuchungen im Abschnitt 3.3.1 werden die linksseitigen Gebiete des BS in Adjazenzmatrizen betrachtet.



a



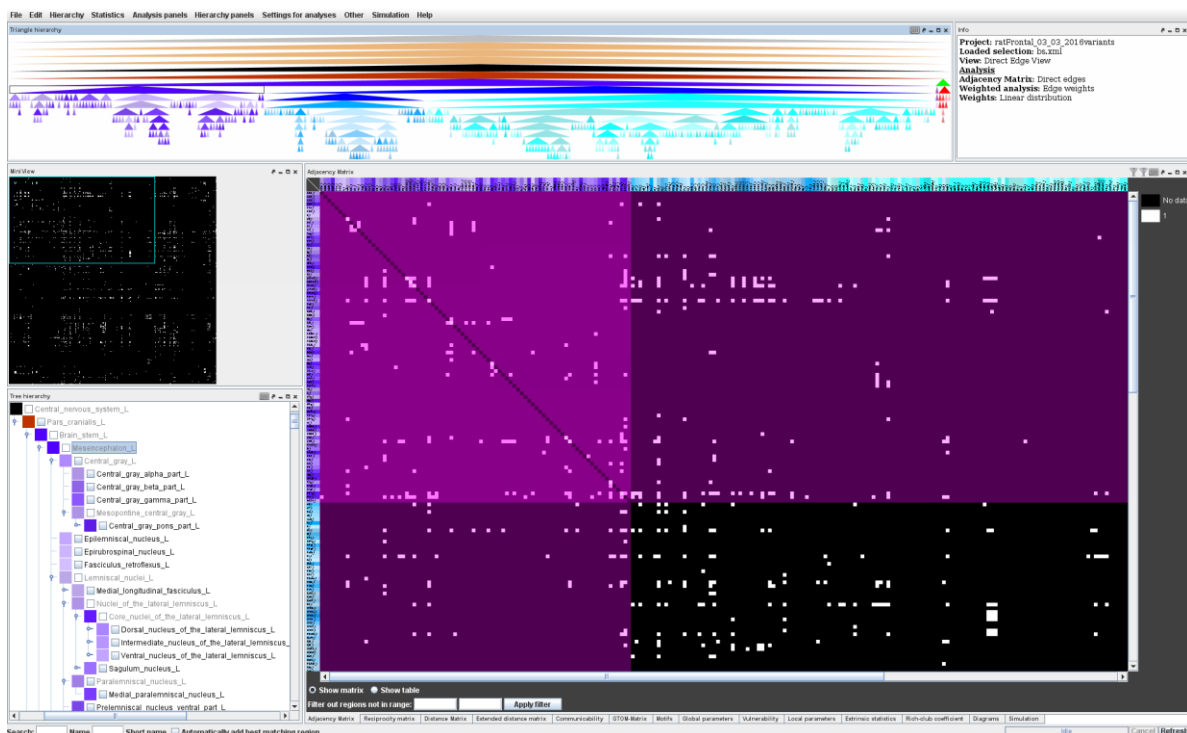
b

**Abbildung 13:** a) Adjazenzmatrix der direkten Konnektivitäten des BS-Netzwerkes. Die weißen Felder zeigen existierende Verbindungen und die schwarzen Felder kennzeichnen eine nicht vorhandene oder nicht identifizierte Konnektivität. b) Adjazenzmatrix der kumulierten Konnektivitäten zwischen den Untergebieten der BS-Gebiete.

In Abbildung 13a sind die direkten Konnektivitäten der BS-Gebiete und in Abbildung 13b sind die kumulierten Verbindungen zwischen den Untergebieten der BS-Regionen in Form von binären Adjazenzmatrizen wiedergegeben. Direkte Verbindungen verlaufen direkt von und zu den „Blättern“ der Hierarchie der Gebiete (Abbildung 14). Derartige „Blätter“ sind in einer Hierarchie neuroanatomischer Gebiete solche Knoten, die nicht erweitert wurden, um darunter liegende Gebiete zu zeigen oder nicht weiter in Teilgebiete untergliedert sind. Die Gebiete des BS, die eine topographische Beziehung zum Mesenzephalon haben, sind in Violett-Farbtönen

dargestellt. Metenzepale Gebiete sind hingegen in Blautönen abgebildet und myelenzepale Gebiete in Türkistönen. Die verbleibenden Regionen sind in Rosa- und Rot-Farbtönen, am Rand der Matrix zu erkennen.

Die direkte BS-Verbindungsmatrix enthält 1458 intrinsische Verbindungen. 97 Regionen verfügen über keine intrinsischen Verbindungen. Die kumulierte BS-Verbindungsmatrix besteht aus 1813 Verbindungen und 88 Gebiete weisen keine intrinsischen Verbindungen auf (isolierte Gebiete).



**Abbildung 14:** Ansicht der binären BS-Adjazenzmatrix im Auswertungsfenster mit der Gebietshierarchie als Dreieckshierarchie. Markiert wurden die Gebiete des mesenzephalen Zweiges (violetter Bereich).

### 3.3.2 Typische intrinsische Konnektivität des BS

Im Folgenden wurde eine Auswahl intrinsischer Verbindungen zusammengestellt, die dann im weiteren im BS-Konnektom detektiert werden sollen, um festzustellen, ob überhaupt diese allgemein bekannten und anerkannten Verbindungen in dem Konnektom auffindbar sind, bevor eine detaillierte Analyse durchgeführt wird.

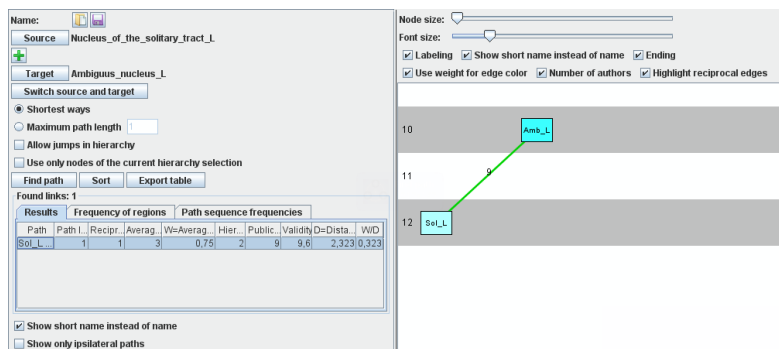
Typische intrinsische Verbindungen der BS-Regionen verlaufen von Sol zu Amb und von Sol zu PB (Nieuwenhuys et al. 1998, S. 1776). Ein weiteres Beispiel wäre die reziproke Verbindung von SuOLi zu IC (Nieuwenhuys et al. 1998, S. 1776). Eine weitere reziproke internukleäre Verbindung verläuft vom Okulomotoriuskern zum kontralateralen Abduzenskern. Weitere

Afferenzen zum Okulomotoriuskernkomplex kommen vom InC und vom RI (Büttner-Ennever, Horn 2014). Eine Zusammenfassung der Verbindungen ist in der Tabelle 2 zusammengestellt.

**Tabelle 2:** Übersicht über einige typische Verbindungen von BS-Gebieten nach Nieuwenhuys (1998, S.177ff) und Büttner-Ennever und Horn (2014, S. 152). In der Spalte Konnektom wurde die Distanz der Verbindung eingetragen. „1“ bedeutet, dass eine direkte Verbindung vorliegt. „2“ bedeutet, dass das Zielgebiet über 1 dazwischen liegendes Kerngebiet erreicht werden kann. „3“ bedeutet, dass das Zielgebiet über 2 dazwischenliegende Gebiete erreicht werden kann.

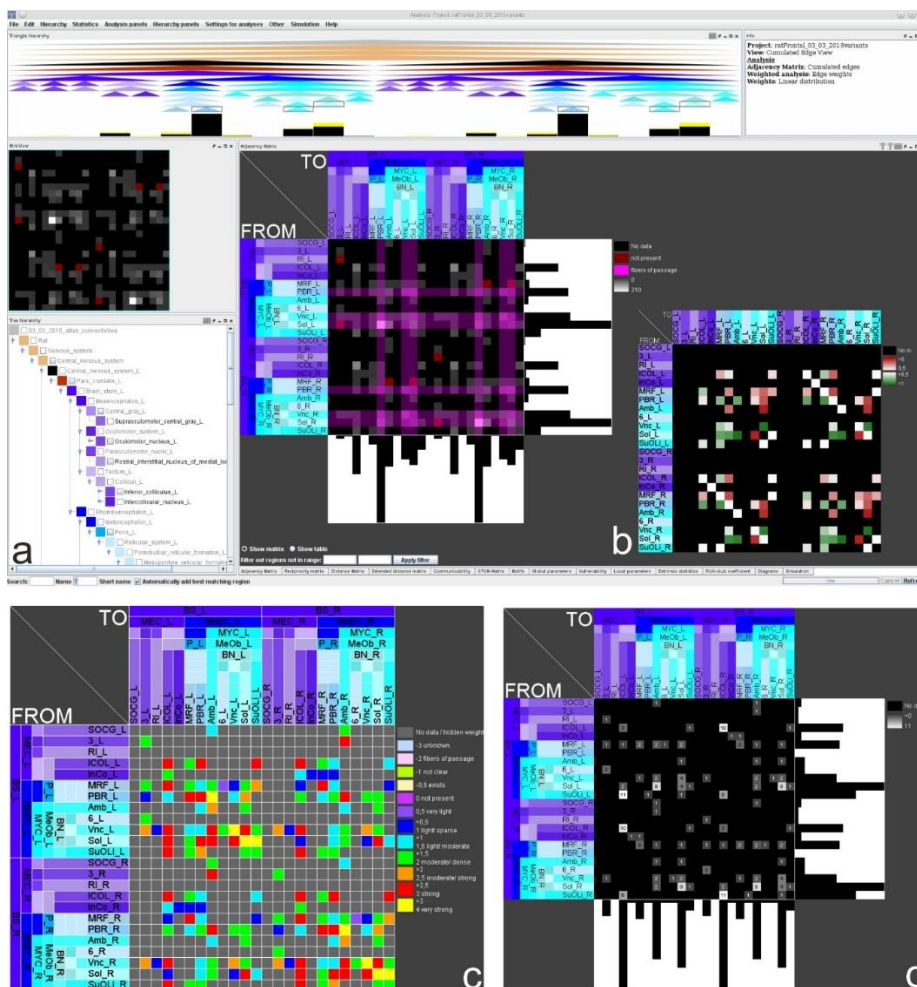
Ursprung	Ziel	Konnektom
6	3	1
6 contra	3	3
3	6 contra	2
Sol	Amb	1
Sol	PB	1
SuOLi	IC	1
IC	SuOLi	1
Vnc	3	2
RI	3	2
InC	3	1
SOCG	3	2
MRF	3	2
Y	3	2

Aus der Tabelle ergibt sich, dass 5 Verbindungen direkt vorliegen, 6 Verbindungen über eine dazwischenliegende Region existieren und eine kontralaterale Verbindung über 2 dazwischenliegende Regionen erreicht werden können.



**Abbildung 15:** Pfadanalyse von Sol und Amb.

Die Verbindungen wurden mit der Pfadanalyse gefunden. In Abbildung 15 wurde der Pfad von Sol nach Amb bestimmt. Er wurde in 9 Publikationen beschrieben, hat ein Gewicht von 3 und ist somit eine starke bzw. dichte Verbindung. Außerdem wurden auch gegenläufige Verbindungen beschrieben, so dass die Analyse gleichzeitig reziproke Verbindungen mittels dicker grüner Verbindungslinien anzeigt. Aus der Tabelle der Pfadanalyse geht auch noch hervor, dass der Abstand zwischen diesen beiden Regionen 2,3 mm beträgt und diese somit relativ dicht zusammenliegen. Neben diesen ausgesuchten Verbindungen aus Nieuwenhuys (1998) und Büttner-Ennever und Horn (2014) lassen sich im Konnektom mehr Verbindungen und Eigenschaften wie Reziprozität und Verbindungsgewicht darstellen (Abbildung 16). Dichtere Verbindungen wurden zwischen Gebieten der *Formatio reticularis* (als Untergebiete des BS-Konnektoms) und den übrigen nBS-Konnektom Gebieten gefunden. Zu diesen *Formatio reticularis* Regionen gehören KF, PB, PNC und PNO. KF und PB besitzen vermehrt efferente Projektionen und PB, PNO und PNC afferente Verbindungen zu den übrigen BS-Konnektom Regionen.

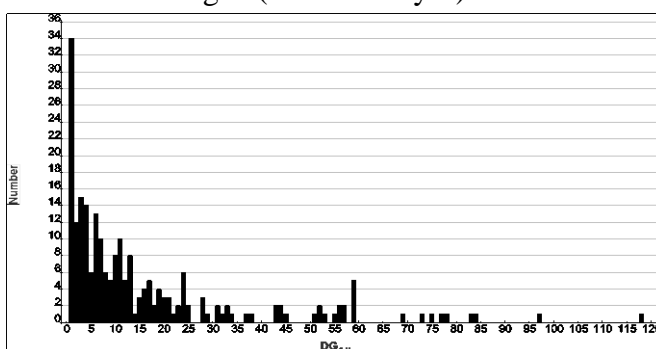


**Abbildung 16:** BS-Gebiete zwischen denen typische Verbindungen beschrieben wurden. a) Adjazenzmatrix mit kumulierten Verbindungen und Hervorhebung von Gebieten mit vielen Verbindungen. b) Alle reziproken Verbindungen. c) Darstellung der Verbindungsgewichte. d) Anzahl der Publikationen, die eine Verbindung beschrieben haben.



### 3.3.3 Globale Eigenschaften des BS-Konnektoms

Mit der Analyse „Globale Parameter“ lassen sich 38 allgemeine Werte berechnen, die das gesamte BS-Konnektom charakterisieren. Das BS-Konnektom mit kumulierten Verbindungen der Teilbäume der 310 Gebiete enthält 1814 Kanten, die 222 Gebiete miteinander verbinden, so dass 88 isolierte und somit intrinsisch nicht verbundene Regionen auftreten. 40 Schleifen oder selbstbezügliche auf der Hauptdiagonale liegende Verbindungen wurden ermittelt (Abbildung 18). Die mittlere Anzahl der Verbindungen pro Gebiet beträgt 16,34 und die Liniendichte bzw. Besetzung der Verbindungsmatrix beträgt 3,7%. 297 Verbindungen sind reziprok bzw. 1517 nicht-reziprok. Die durchschnittliche Pfadlänge liegt bei 2,1 und der mittlere Clusterkoeffizient ist 0,3258. Die Kleine-Welt Eigenschaft ist relativ stark mit 8,7 ausgeprägt. Die globalen Parameter des realen BS-Konnektoms wurden mit 7 Randomisierungsmodellen verglichen (Tabelle 4). Die Betragssummen der Differenzen von Originalnetzwerkparametern und mittleren Randomisierungsparametern ergab für das modifizierte OHO-Modell den geringsten relativen Unterschied von 0,93% (Tabelle 3). Die Abweichung von einer Skalen-freien Verbindungsverteilung ( $P(k)=\alpha \times k^{-\gamma}$ ) von  $\Delta=0,6$  spricht zwar für eine Skalen-freie Netzwerkarchitektur aber da der  $\gamma$ -Wert mit 0,79 relativ klein ist, deutet dies auf relativ wenige Häufigkeiten von Verbindungen hin, die bei einer exakten skalen-freien Verteilung erwartet werden. An Hand der Häufigkeitsverteilung der Verbindungen pro Gebiet lässt sich erkennen (Abbildung 17), dass sich nur näherungsweise eine skalen-freie Verteilungsfunktion durch die streuenden Werte legen lässt. Aufgrund des hohen  $\gamma$ -Wertes in der Exponentialfunktion ( $P(k)=\alpha \times e^{-k/\gamma}$ ), das zusammen mit dem relativ niedrigen  $\Delta$  nicht für exponential verteilte Verbindungshäufigkeiten spricht, lässt sich auch über die Exponential-Verteilung der Verbindungshäufigkeiten keine Aussage machen. Da somit für die Funktionsanpassung nicht ausreichend Werte oder zu starke Streuungen vorhanden sind, kann die Verbindungsverteilung des BS-Netzwerkes keiner speziellen Verteilungsfunktion zugeordnet werden. Da das rewiring Modell mit Erhalt der Anzahl reziproker Kanten (Reciprocal) jedoch eine besonders große Ähnlichkeit aufweist, wurde dieses auch für weitere Randomisierungen (Motif-Analyse) verwendet.



**Abbildung 17:** Häufigkeiten der Verbindungen pro Region.

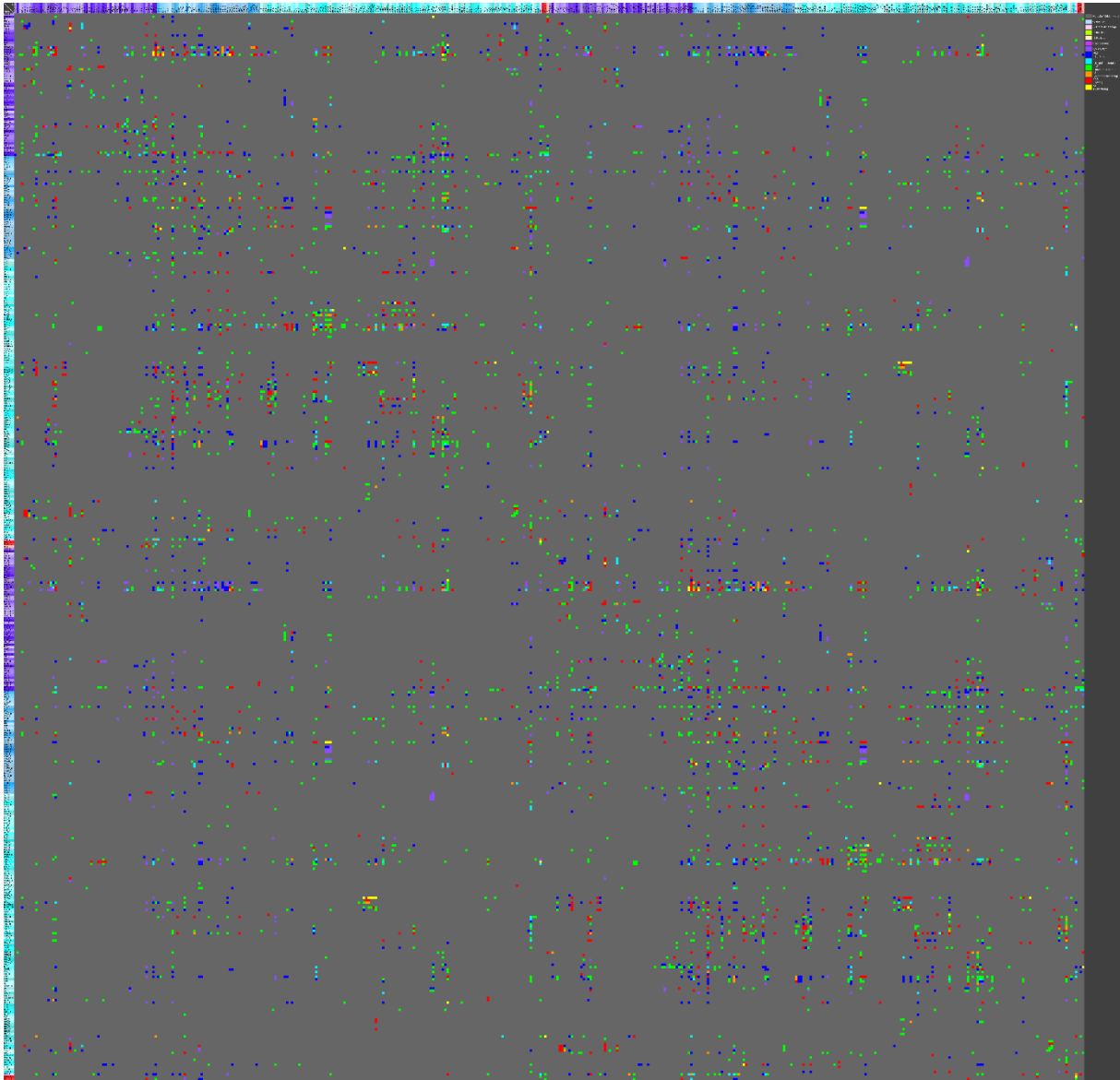
**Tabelle 3:** Relative Unterschiede globaler Netzwerkparameter von Randomisierungsmodellen und dem realen biologischen BS-Konnektom. Einzelwerte der Parameter wurden für das unilaterale BS-Konnektom wiedergegeben. Die Summen der Einzelwerte des bilateralen BS-Konnektoms sind kursiv unter den Summen des unilateralen Konnektoms aufgeführt. Das modifizierte OHO-Modell weist die wenigsten Unterschiede auf. ER: Erdős Renyi, WS: Watts-Strogatz, BA: Barabasi Albert, REW: Rewiring, REC: Rewiring mit Reziprozitäten Erhalt.

	ER	WS	BA	Mod. BA	Mod. OHO	REW	REC
Isolated nodes	0	0	0	0	0	0	0
Connected components	0	0	0	0	0	0,18750	0,06250
Reciprocal edges	-0,88910	0,98948	-0,38615	-0,39457	0,88300	-0,43540	0
Heterogeneity	-0,80454	-0,90684	-0,20011	-0,24613	-0,54470	0	0
Degree distribution entropy	-0,19479	-0,40868	-0,13575	0,06409	-0,10641	0	0
Diameter	-0,28571	-0,15179	-0,37500	-0,16964	-0,01786	-0,15179	-0,15179
Average path length	-0,00350	0,15509	-0,12361	-0,03804	0,20697	-0,05082	-0,04528
Average path length - Self-reference	0,18747	-0,14022	-0,00874	0,10422	-0,14022	0,11674	-0,09430
Centrality	-0,83276	-0,91934	-0,04578	-0,29025	-0,67362	0,10433	-0,00965
Central point dominance	-0,31161	-0,35153	-0,00356	-0,04568	-0,02944	-0,00105	-0,00419
Average subgraph centrality	-0,99999	-0,99995	-0,98353	-0,98435	-0,99874	-0,61874	-0,27513
Average cluster coefficient	-0,88613	-0,12830	-0,59392	-0,65470	0,01872	-0,36249	-0,40577
Average flow coefficient	0,08652	1,38975	0,02268	0,08988	1,19446	-0,14574	-0,02562
Small-worldness	-0,88572	-0,24523	-0,53670	-0,64096	-0,15596	-0,32829	-0,37748
Modularity	-0,28371	0,92104	-0,39210	-0,37270	0,94513	-0,43459	-0,38675
Directed Modularity	-0,34238	0,78826	-0,43705	-0,44520	0,94130	-0,49813	-0,45741
Transitivity	-0,85135	0,35356	-0,50783	-0,51989	0,03857	-0,23986	-0,20571
Global Efficiency	0,30651	0,15526	0,03085	0,12207	0,13380	0,03823	0,02817
Harmonic mean	-0,23461	-0,13445	-0,03012	-0,10848	-0,11799	-0,03691	-0,02743
Vulnerability	-0,92335	-0,92692	-0,61497	-0,64171	-0,65062	-0,21747	-0,38503
Local Efficiency	-0,89130	-0,11235	-0,48335	-0,51923	0,25156	-0,25048	-0,30892
Directed assortativity coefficient	-1,02881	-1,62894	-0,47874	-0,68656	-2,96982	0,25514	0,09396
Cyclic coefficient	0,15243	0,37622	0,11027	0,11135	0,46054	-0,04108	-0,06162
Average search information	0,09699	0,28590	-0,21448	-0,03393	0,52669	-0,04886	-0,03987
Knotty-centredness	-0,95446	-0,94829	-0,07152	-0,54592	-0,12529	-0,10033	-0,04888
<b>Summe (unilat)</b>	<b>-10,7739</b>	<b>-2,5883</b>	<b>-6,4592</b>	<b>-6,8463</b>	<b>-0,9299</b>	<b>-3,2601</b>	<b>-3,1262</b>
<i>Summe (bilat)</i>	<i>-10,3018</i>	<i>-0,5718</i>	<i>-5,7729</i>	<i>-6,0639</i>	<i>1,0951</i>	<i>-3,1270</i>	<i>-2,9648</i>

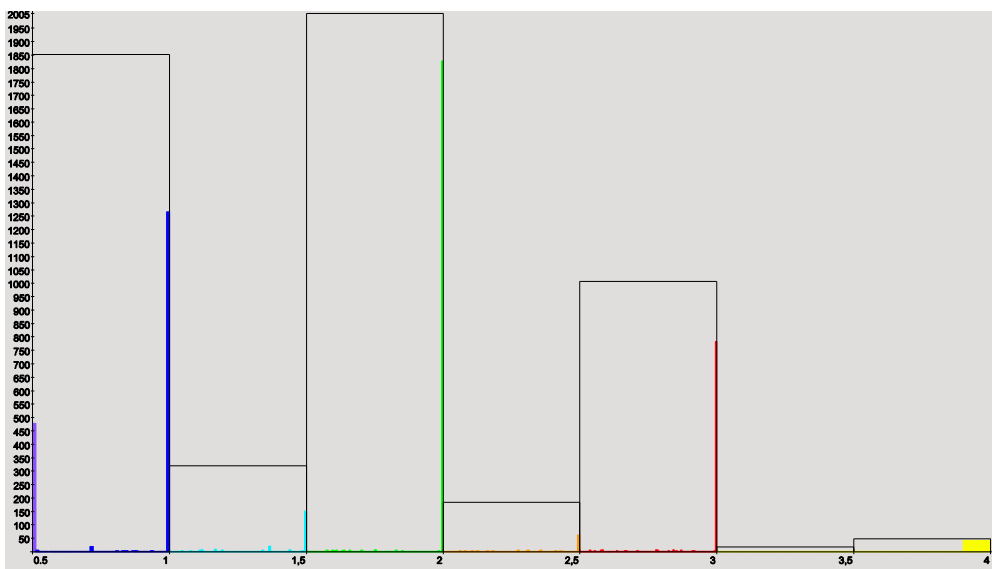
**Tabelle 4:** Globale Parameter des BS-Konnektoms. Die Parameter wurden für das Ausgangskonnektom BS und für 7 Randomisierungen berechnet, die jeweils 1000 Mal wiederholt wurden, so dass für jedes Model ein Mittelwert berechnet wurde. Die Bedeutung der einzelnen Parameter wurde in Philipp (2012), Schmitt (2012) und Schmitt (2014) erläutert.

Global parameters												
Nodes	Edges	Self-references	Ipsilateral_L	Ipsilateral_R	Contralateral	Avg_DG	Line density	Cy	CyC	Avg_HD		
222	1814	40	1760	0	0	16,3423	3,6974%	1633	0,0331	12,1		
Colat Source IPSI	Colat Source CONTRA	Colat Target IPSI	Colat Target CONTRA	Colat complete	AffColat Source IPSI	AffColat Source CONTRA	AffColat Target IPSI	AffColat Target CONTRA	AffColat complete	Paths complete		
68	0	45	0	0	0	0	0	0	0	0		
Randomizations <input checked="" type="checkbox"/> Erdos-Renyi <input checked="" type="checkbox"/> Watts-Strogatz <input checked="" type="checkbox"/> Barabasi-Albert <input checked="" type="checkbox"/> Modified BA <input checked="" type="checkbox"/> Modified OHO <input checked="" type="checkbox"/> Rewiring <input checked="" type="checkbox"/> Reciprocal												
Number	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16		
Parameter	0.2 $\beta$ 1.0 $\beta$											
Name	Real network	Erdos-Renyi	Watts-Strogatz	Barabasi-Albert	Modified BA	Modified OHO	Rewiring	Reciprocal				
Isolated nodes	0	0	0	37	11,125	0	0	0				
Connected components	1	1	1	1	1	1	1	1	1,1875	1,0625		
Reciprocal edges	297	32,9375	590,875	182,3125	179,8125	559,25	167,6875	297				
Heterogeneity	1,2473	0,2438	0,1162	0,9977	0,9403	0,5679	1,2473	1,2473				
Degree distribution entropy	3,4093	2,7452	2,016	2,9465	3,6278	3,0465	3,4093	3,4093				
Diameter	7	5	5,9375	4,375	5,8125	6,875	5,9375	5,9375				
Average path length	2,8023	2,7925	3,2369	2,4559	2,6957	3,3823	2,6599	2,6754				
Average path length - Self-r.	2,1166	2,5134	1,8198	2,0981	2,3372	1,8198	2,3637	1,917				
Centrality	0,3211	0,0537	0,0259	0,3064	0,2279	0,1048	0,3546	0,318				
Central point dominance	0,9544	0,657	0,6189	0,951	0,9108	0,9263	0,9534	0,9504				
Average subgraph centrality	1596325,6016	20,4676	72,8555	26297,9636	24985,2694	2018,8222	608619,0145	1157123,781				
Average cluster coefficient	0,3258	0,0371	0,284	0,1323	0,1125	0,3319	0,2077	0,1936				
Average flow coefficient	0,2381	0,2587	0,569	0,2435	0,2595	0,5225	0,2034	0,232				
Small-worldness	8,7504	1	6,6045	4,0541	3,1417	7,3857	5,8777	5,4473				
Modularity	0,2989	0,2141	0,5742	0,1817	0,1875	0,5814	0,169	0,1833				
Directed Modularity	0,2947	0,1938	0,527	0,1659	0,1635	0,5721	0,1479	0,1599				
Transitivity	0,2489	0,037	0,3369	0,1225	0,1195	0,2585	0,1892	0,1977				
Global Efficiency	0,2982	0,3896	0,3445	0,3074	0,3346	0,3381	0,3096	0,3066				
Harmonic mean	3,3537	2,5689	2,9028	3,2527	2,9899	2,958	3,2299	3,2617				
Vulnerability	0,0561	0,0043	0,0041	0,0216	0,0201	0,0196	0,0439	0,0345				
Local Efficiency	0,4655	0,0506	0,4132	0,2405	0,2238	0,5826	0,3489	0,3217				
Directed assortativity coeff.	-0,1458	0,0042	0,0917	-0,076	-0,0457	0,2872	-0,183	-0,1595				
Cyclic coefficient	0,0925	0,1066	0,1273	0,1027	0,1028	0,1351	0,0887	0,0868				
Average search information	6,7698	7,4264	8,7053	5,3178	6,5401	10,3354	6,439	6,4999				
Knoth-centredness	0,3887	0,0177	0,0201	0,3609	0,1765	0,34	0,3497	0,3697				
Scale-Free property	$\Delta=0,6$ $\gamma=0,79$ $\alpha=0,14$	$\Delta=3,3$ $\gamma=-0,05$ $\alpha=0,03$	$\Delta=6,5$ $\gamma=-1,95$ $\alpha=0$	$\Delta=1,3$ $\gamma=1,11$ $\alpha=0,45$	$\Delta=0,7$ $\gamma=0,76$ $\alpha=0,13$	$\Delta=0,8$ $\gamma=1,84$ $\alpha=5,5$	$\Delta=0,6$ $\gamma=0,79$ $\alpha=0,14$	$\Delta=0,6$ $\gamma=0,79$ $\alpha=0,14$				
Exponential approximation	$\Delta=1$ $\gamma=40,8$ $\alpha=0,03$	$\Delta=3,2$ $\gamma=34,12$ $\alpha=0,05$	$\Delta=6,5$ $\gamma=-11,02$ $\alpha=0,01$	$\Delta=1,4$ $\gamma=38,24$ $\alpha=0,03$	$\Delta=0,6$ $\gamma=26,75$ $\alpha=0,04$	$\Delta=1,2$ $\gamma=15,46$ $\alpha=0,09$	$\Delta=1$ $\gamma=40,8$ $\alpha=0,03$	$\Delta=1$ $\gamma=40,8$ $\alpha=0,03$				

Das bilaterale BS-Konnektom besteht aus 620 Regionen und 5352 Verbindungen. Von den 620 Regionen besitzen 172 keine Verbindungen, so dass diese isolierten Gebiete entfernt wurden und 448 Gebiete mit Verbindungen im bilateralen BS-Konnektom verblieben (Abbildung 18, Tabelle 5). Die Häufigkeitsverteilung der kumulierten Verbindungsgewichte sind in Abbildung 19 dargestellt. Im bilateralen BS-Konnektom wurden 1684 kontralaterale Verbindungen gefunden. 826 Verbindungen von insgesamt 5352 Verbindungen sind reziprok. Es nähert sich noch mehr einem Skalen-freien Netzwerk ( $\Delta=0,4$ ) an mit einer etwas stärkeren Kleine-Welt Eigenschaft von 11,51. Die Abweichung  $\Delta=0,8$  zum exponential verteilten Netzwerk ist doppelt so groß. Die durchschnittliche Pfadlänge beträgt 2,869 und der mittlere Clusterkoeffizient liegt bei 0,3241. Die rewiring Randomisierung mit Konstanthaltung der Anzahl reziproker Kanten ergab wieder die größte Ähnlichkeit mit dem Originalnetzwerk. Der mittlere Clusterkoeffizient liegt bei den meisten Randomisierungen unter 0,32 (Ausnahme modifiziertes OHO Modell). Der kleinste Unterschied zwischen Randomisierungen und realen bilateralen BS-Konnektom bezüglich der globalen Parameter weist das WS-Modell mit -0,5718 auf (Tabelle 3). Für das unilaterale BS-Konnektom zeigt das modifizierte OHO-Modell den kleinsten Unterschied über alle globalen Parameter auf (-0,9299). In anderen Konnektomen (hier nicht dargestellt) hingegen, hat das rewiring Modell mit Erhalt der Reziprozitäten die größte Ähnlichkeit mit entsprechenden realen Konnektomen.



**Abbildung 18:** Bilaterales BS-Konnektom mit 448 Gebieten.



**Abbildung 19:** Häufigkeitsverteilung der mittleren Verbindungsgewichte der kumulierten Konnektivität (bilaterales BS-Konnektom).

**Tabelle 5:** Globale Parameter des bilateralen BS-Konnektoms.

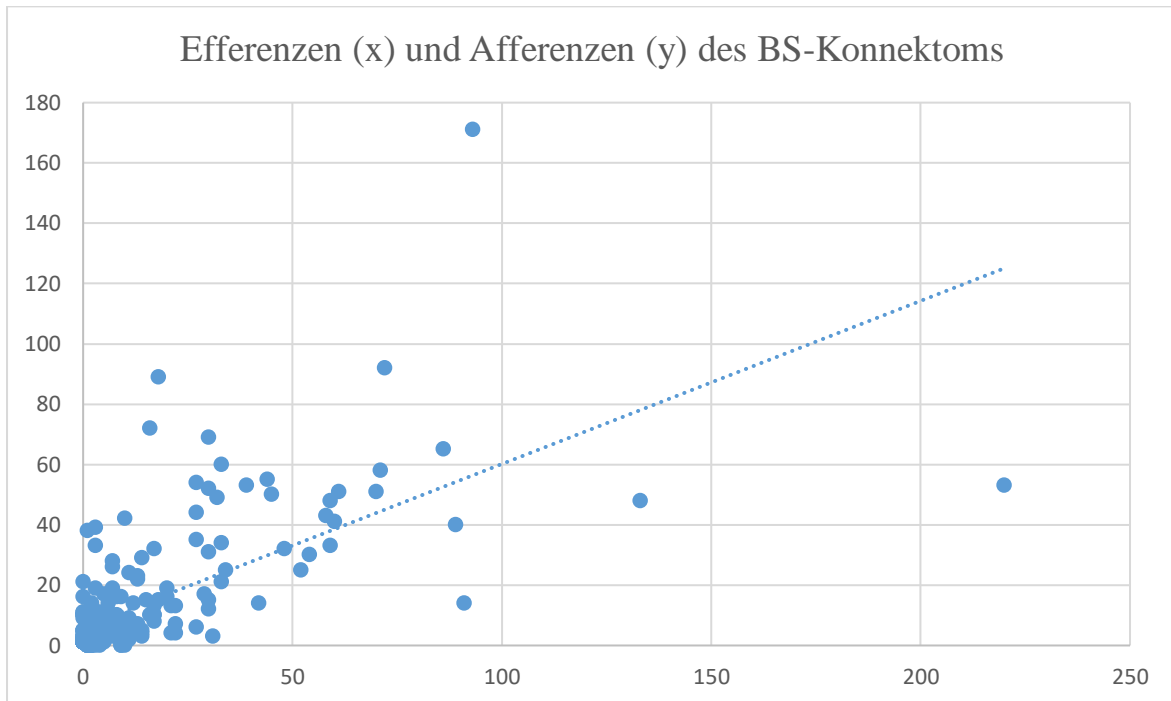
Global parameters											
Nodes	Edges	Self-references	Ipsilateral_L	Ipsilateral_R	Contralateral	Avg_DG	Line density	Cy	CyC	Avg_HD	
448	5352	80	1770	1770	1684	23,8929	2,6726%	4985	0,0248	12,1	
Colat Source IPSI	Colat Source CONTRA	Colat Target IPSI	Colat Target CONTRA	Colat complete	AffColat Source IPSI	AffColat Source CONTRA	AffColat Target IPSI	AffColat Target CONTRA	AffColat complete	Paths complete	
68	69	45	45	2	0	0	0	0	0	0	
<div> <div>Randomizations</div> <div> <input checked="" type="checkbox"/> Erdos-Renyi           <input checked="" type="checkbox"/> Watts-Strogatz           <input checked="" type="checkbox"/> Barabasi-Albert           <input checked="" type="checkbox"/> Modified BA           <input checked="" type="checkbox"/> Modified OHO           <input checked="" type="checkbox"/> Rewiring           <input checked="" type="checkbox"/> Reciprocal         </div> </div> <div> <div>Number</div> <div> <input type="text" value="1000"/> <input type="text" value="1000"/> <input type="text" value="1000"/> <input type="text" value="1000"/> <input type="text" value="1000"/> <input type="text" value="1000"/> </div> </div> <div> <div>Parameter</div> <div> <input type="text" value="0.2"/> <input type="text" value="β"/> <input type="text" value="1.0"/> <input type="text" value="β"/> </div> </div>											
Name	Real network	Erdos-Renyi	Watts-Strogatz	Barabasi-Albert	Modified BA	Modified OHO	Rewiring	Reciprocal			
Isolated nodes	0	0	0	61	16,904	0	0	0			
Connected components	1	1	1	1	1,013	1	1,062	1,072			
Reciprocal edges	826	71,621	1739,981	412,427	418,239	1658,414	405,392	826			
Heterogeneity	1,3148	0,2011	0,0877	1,0009	0,9599	0,5288	1,3148	1,3148			
Degree distribution entropy	3,72	2,9503	2,1421	3,2898	4,0487	3,5024	3,72	3,72			
Diameter	7	4,471	5	4,137	6,018	6,815	6,048	6,093			
Average path length	2,869	2,7227	3,1234	2,4825	2,6959	3,4789	2,6705	2,6921			
Average path length - Self-r.	2,1078	2,454	1,8214	2,105	2,3407	1,8215	2,3662	1,8882			
Centrality	0,2625	0,0339	0,0156	0,2628	0,2034	0,0762	0,2904	0,257			
Central point dominance	0,9539	0,6166	0,5962	0,9601	0,9305	0,953	0,9555	0,9549			
Average subgraph centrality	25570338707,8342	417,9903	1010,1561	26086953,0572	25847124,9119	201524,0772	7811355436,274	21945493372,8656			
Average cluster coefficient	0,3241	0,0267	0,2935	0,0981	0,0888	0,3376	0,1863	0,1728			
Average flow coefficient	0,232	0,2569	0,5621	0,2412	0,256	0,5231	0,1934	0,2236			
Small-worldiness	11,5068	1	9,5718	4,0232	3,3566	9,8832	7,1039	6,5377			
Modularity	0,2974	0,1763	0,5432	0,156	0,1576	0,588	0,1398	0,151			
Directed Modularity	0,263	0,1614	0,5397	0,1401	0,1422	0,6163	0,1236	0,1357			
Transitivity	0,223	0,0267	0,355	0,0948	0,0926	0,2647	0,161	0,1686			
Global Efficiency	0,2901	0,3919	0,3475	0,3223	0,3465	0,3229	0,3087	0,3062			
Harmonic mean	3,4465	2,5515	2,8777	3,1032	2,8869	3,0968	3,2395	3,2664			
Vulnerability	0,0205	0,0013	0,0016	0,011	0,0104	0,0128	0,0191	0,0184			
Local Efficiency	0,4781	0,0384	0,4204	0,2231	0,2142	0,6333	0,3451	0,3178			
Directed assortativity coeff.	-0,126	-0,0024	-0,0009	-0,0422	-0,0261	0,3097	-0,1521	-0,1376			
Cyclic coefficient	0,0923	0,1077	0,1296	0,105	0,1073	0,137	0,0893	0,0884			
Average search information	7,7564	8,4445	9,8147	6,514	7,8675	12,2478	7,4216	7,4923			
Knott-centredness	0,2934	0,0075	0,0088	0,3281	0,1208	0,3448	0,24	0,2502			
Scale-Free property	Δ=0,4	Δ=2,6	Δ=6,7	Δ=0,9	Δ=0,6	Δ=0,6	Δ=0,4	Δ=0,4			
	γ=0,66	γ=0,22	γ=-4,17	γ=1,19	γ=0,83	γ=2,05	γ=0,66	γ=0,66			
Exponential approximation	α=0,1	α=0,04	α=0	α=0,57	α=0,13	α=14,33	α=0,1	α=0,1			
	Δ=0,8	Δ=2,6	Δ=6,7	Δ=1	Δ=0,4	Δ=0,6	Δ=0,8	Δ=0,8			
	γ=73,38	γ=29,56	γ=-6,14	γ=56,4	γ=36,42	γ=17,89	γ=73,38	γ=73,38			
	α=0,02	α=0,04	α=0	α=0,02	α=0,03	α=0,09	α=0,02	α=0,02			

Die Anzahl der intrinsischen kumulierten Efferenzen und Afferenzen des BS-Konnektoms sind in Tabelle 15 aufgeführt. Der Spinal trigeminal nucleus caudal part hat die meisten intrinsischen Efferenzen und verbindet besonders viele (15) Untergebiete des Facial nucleus lateral subnucleus. Letzterer hat 53 Afferenzen von denen die meisten (5) aus dem ventrolateralen periaqueductalen Grau (VLPAG) stammen. VLPAG wiederum nimmt den 2. Rang bzgl. der Anzahl der Efferenzen mit 133 ein von den 13 zum LC verlaufen. LC hat 48 intrinsische BS-Afferenzen von denen die meisten (4) aus den Untergebieten des Nucleus of the solitary tract gelatinous part stammen. Auf Rang 3 der intrinsischen Efferenzen befindet sich LC mit 93 Verbindungen und einem Maximum von 5 Verbindungen zum lateralen vestibulären Kern, der wiederum 171 Afferenzen besitzt von denen die meisten aus VLPAG (13) stammen.

Werden die Efferenzen und Afferenzen zueinander in Beziehung gesetzt, so zeigt sich zum einen eine deutliche Streuung und zum anderen eine Zunahme von Efferenzen mit zunehmenden Afferenzen pro Gebiet, was durch die Trendlinie ebenfalls deutlich wird (Abbildung 20).

Der Quotient #Efferenzen/#Afferenzen gibt an, ob ein Gebiet mehr Efferenzen (>1) oder Afferenzen (<) oder die Output und Input Verbindungen in einem gleichen Verhältnis zueinander (1) vorliegen. Die sortierten Quotienten ergeben, dass der Parabigeminal Kern einen maximalen Quotienten von 10,34 gefolgt von Sol gelatinous part (10) und SNC ventral part (9) aufweist. Die Rostral ventral respiratory group hat besonders viele Afferenzen im Verhältnis zu Efferenzen (0,02), gefolgt vom Ventral tegmental nucleus (0,07) und Sol commissural part (0,14).

Mit dieser Darstellung der kumulierten intrinsischen Efferenzen und Afferenzen wird auch deutlich, dass 42 BS-Gebiete keinen intrinsischen Output besitzen und 17 Gebiete keine intrinsischen Afferenzen erhalten. Sowohl diese Gebiete als auch die BS-Regionen die weder intrinsische Afferenzen noch Efferenzen besitzen, werden in der extrinsischen BS-Konnektom-Analyse in der Gebietsauswahl explizit berücksichtigt.

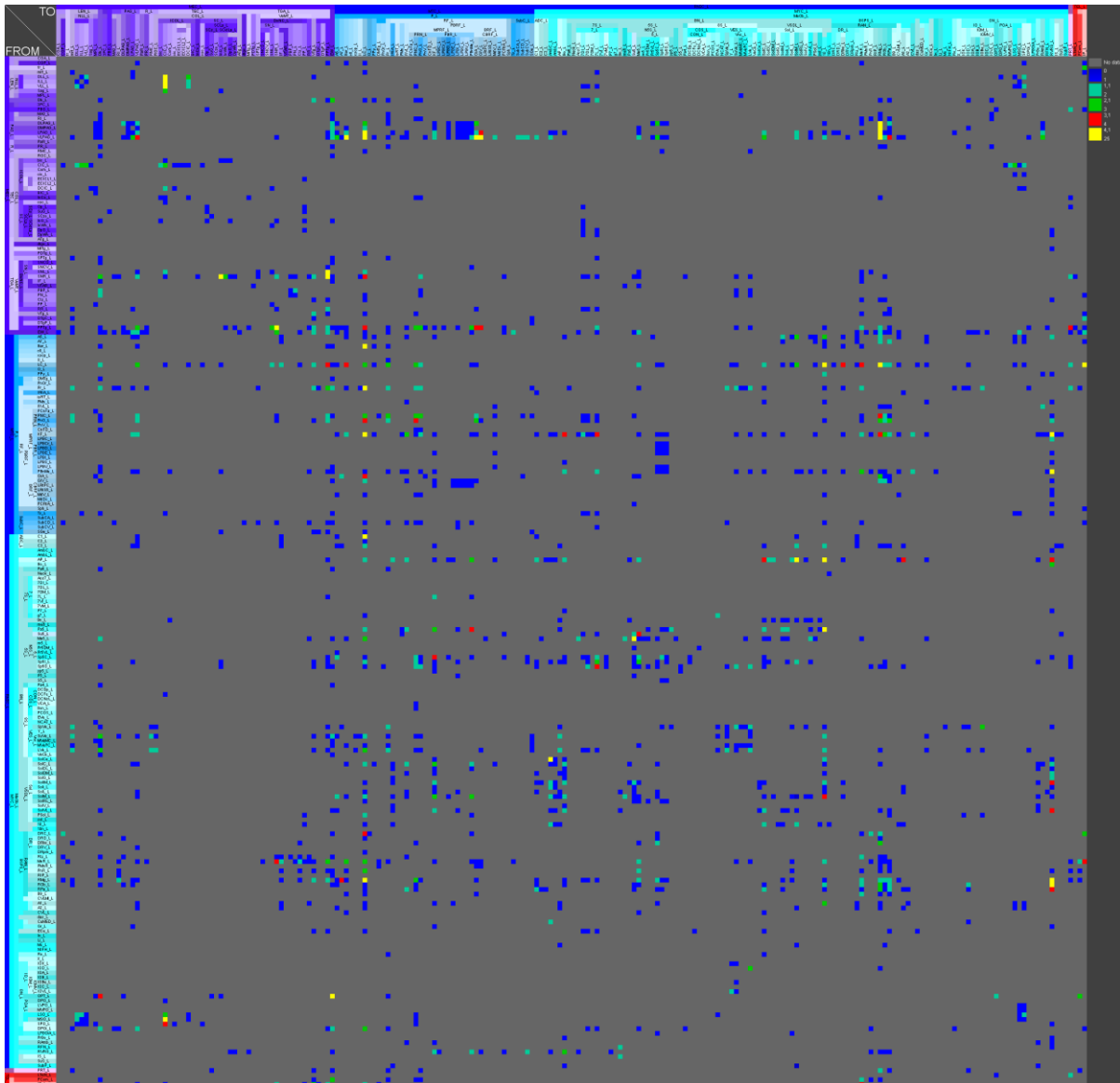


**Abbildung 20:** Darstellung von Efferenzen (Abszisse) und Afferenzen (Ordinate) des intrinsischen BS-Konnektoms.

### 3.3.4 Beobachtungshäufigkeit, Verifikation und Validität

Die Häufigkeit mit der direkte Verbindungen in den ausgewerteten Publikationen beobachtet wurden, spiegelt die Wahrscheinlichkeit für deren wirkliche biologische Existenz wieder. Je häufiger eine Verbindung beschrieben wurde in Publikationen, desto wahrscheinlicher ist auch, dass genau diese Verbindung tatsächlich existiert. Publiizierte Ursprünge und Ziele axonaler Verbindung können jedoch auch falsch positive sowie falsch negative Beobachtungen oder Interpretationen von vermutlichen Verbindungen beinhalten. Einen Überblick über die Beobachtungshäufigkeiten direkter Verbindungen des BS-Netzwerkes wurden farbkodiert in Matrixform wiedergegeben (Abbildung 21). Wenn in derselben Publikation die gleiche Verbindung in einem anderen Versuchstier (Case) oder unter anderen experimentellen Bedingungen (z.B. anderer Tracer) beobachtet wurde, steigt die Beobachtungshäufigkeit

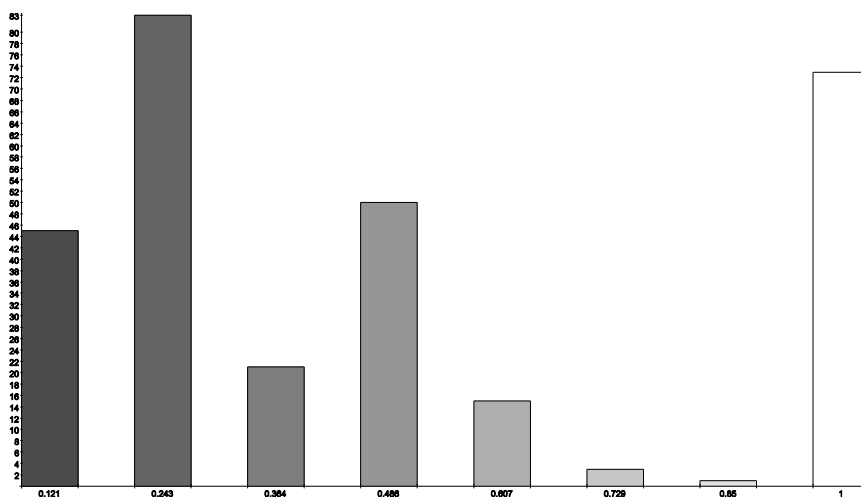
ebenso wie im Fall einer Dokumentation derselben Verbindung in anderen Publikationen. Das Maximum von 25 Beobachtungen liegt für die Verbindung von VLPAG zu RmG vor. Ferner wurden Verbindungen von LPAG zu RmG (13), SNR zu PPTg (10) und LC zu IP (8) am häufigsten beschrieben.



**Abbildung 21:** Beobachtungshäufigkeiten von direkten Verbindungen im unilateralen BS-Netzwerk. Mit Gelb wurden Verbindungen markiert, die mehr als 4-mal beobachtet wurden.

Die Kombinationen von Nachweismethoden von Verbindungen (anterograd (axonale Endigungen) und/oder retrograd (Perikaryen) transportierte Tracing-Substanz) in einer oder mehreren Publikationen, lassen sich auch in Form einer Matrix darstellen (Abbildung 62). Als Hinweis dafür, dass eine Verbindung tatsächlich existiert, werden in Publikationen oftmals bilaterale Tract-tracing Nachweise von Verbindungen als Überprüfung einer primär beobachteten Verbindung angewendet. Nachdem alle Verbindungen aus den Literatursauswertungen erfasst waren, wurde hier die Möglichkeit genutzt, die verschiedenen

Tracer und Transportrichtungen zusammenzufassen und mittels Kombination aus unterschiedlichen Studien bestimmte Verbindungs-Nachweismuster zu visualisieren (Abbildung 67). Die Prüfung von Verbindungen mittels anterograder und/oder retrograder Technik, macht eine Aussage über die biologische Existenz einer Verbindung zuverlässiger, als der Nachweis von Verbindungen mit lediglich einem Verfahren. Nur retrograd nachgewiesene Verbindungen (r, grün kodiert) finden sich im BS Netzwerk 904 Mal und nur anterograd nachgewiesene 491 Mal (a, gelb kodiert). Anterograde und retrograde Nachweise (a+r, violett kodiert) der gleichen Verbindungen wurden ebenfalls in 242 Fällen erbracht. Wird in einer Publikation eine Verbindung als nicht existierend beschrieben aber in mindestens einer weiteren Publikation dieselbe Verbindung als tatsächlich vorhanden dargestellt, dann liegt eine Diskrepanz der Beobachtung vor. In diesem Fall liegt eine maximale Diskrepanz von 1 vor. Variieren die Verbindungsgewichte, so wurde diese Variabilität als Diskrepanz in der Diskrepanz-Matrix berücksichtigt (Schmitt et al. 2015) (Abbildung 68). Auch wenn lediglich 1 von 10 Beobachtungen dokumentiert, dass eine spezifische Verbindung nicht existiert, liegt eine maximale Diskrepanz vor. 73 Verbindungen weisen in der unilateralen BS-Matrix eine maximale Diskrepanz auf (Abbildung 22).



**Abbildung 22:** Verteilung der Diskrepanzen-Werte des unilateralen BS-Konnektoms mit direkten Verbindungen.

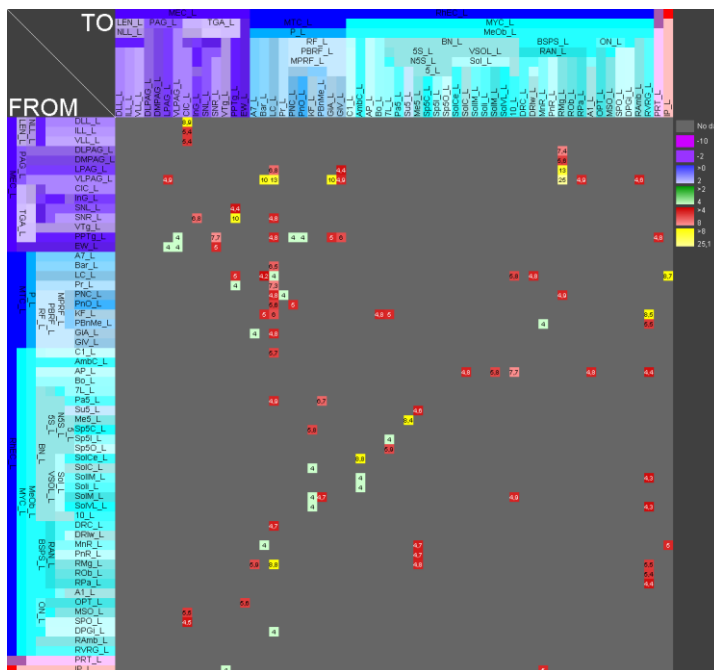
Häufigere maximale Diskrepanzen fanden sich für Verbindungen des lateralen vestibulären Kernes und RmG, Superior paraolivary nucleus, Koelliker Fuse nucleus, Dk und LC. So fanden sich beispielsweise bei 2 von 5 Beobachtungen, dass die Verbindung von KF → RmG nicht existiert. Die übrigen 3 Beobachtungen bestätigen diese Verbindung.

Sofern Verbindungen in unterschiedlichen Publikationen beschrieben wurden, deren Verbindungsgewichte ähnlich sind und darüber hinaus auch unterschiedliche Tracing-Methoden angewendet wurden, wird es immer wahrscheinlicher, dass die Verbindung zwischen

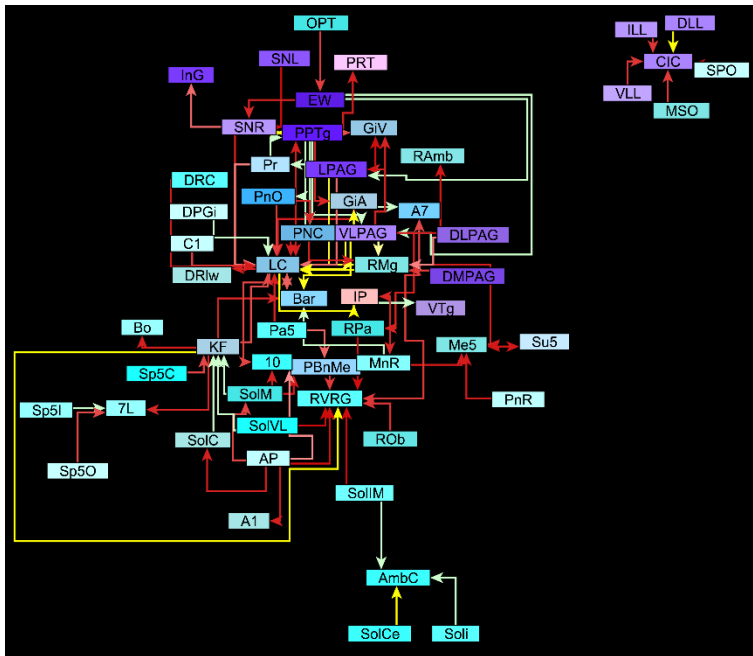


zwei Regionen tatsächlich existiert und nicht aus widersprüchlichen oder stark variierenden Beobachtungen hervorgeht.

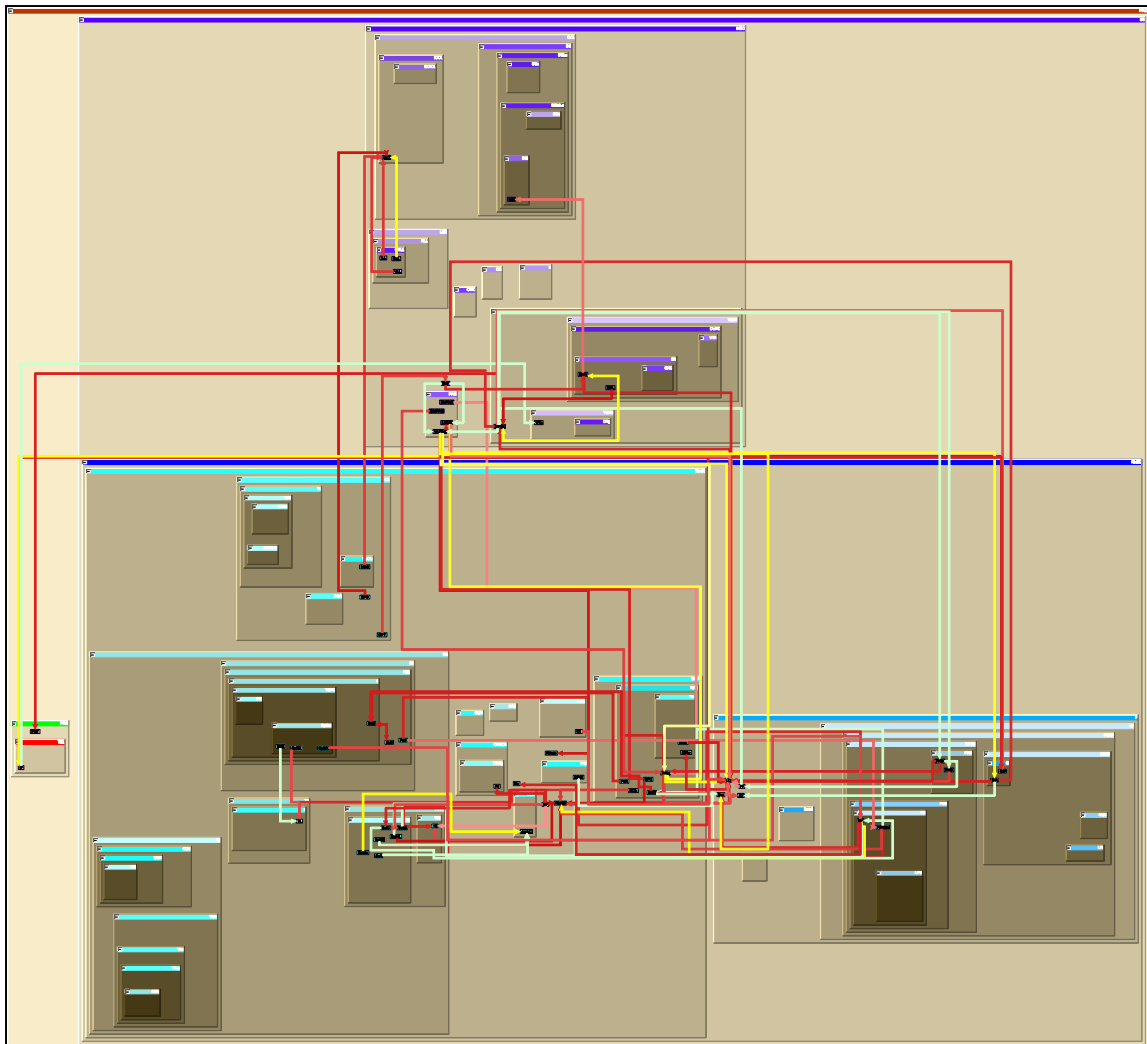
Die Berechnung des Wertes basiert auf die ursprüngliche reliability R und wird in Schmitt et al. (2015) genauer erläutert. Grundsätzlich werden Beobachtungen summiert, die eine Verbindung als existierend beschreiben. Zusätzlich hierzu werden Tracer-Verfahren summiert. Die negative Summe wird von der Anzahl der Beobachtungen gebildet, die dieselbe Verbindung als nicht existierend beschreiben. Das Ergebnis ergibt dann eine Abschätzung über die Zuverlässigkeit bezüglich der Aussage, ob eine Verbindung wirklich existiert oder eher nicht. Die Validitäten wurden für das gesamte unilaterale BS-Konnektom berechnet und in Abbildung 69 dargestellt. Anschließend wurden die Regionen herausgefiltert, die Verbindungen mit Validitätswerten  $> 4$  besitzen und in Abbildung 23 wiedergegeben. Die Verbindung von VLPAG zu RmG besitzt eine maximale Validität von 25,1 gefolgt von LPAG zu RmG mit 13,2 und von SNR zu PPTg mit 10,7. Die gefilterte Validitätsmatrix zeigt also genau die Verbindungen, die aufgrund ihrer konsistenten Beschreibungen in Publikationen als besonders zuverlässig gewertet werden können (Abbildung 24, Abbildung 25).



**Abbildung 23:** Die gefilterte Validitätsmatrix bzw. observation scores. Regionen mit Validitätswerten  $> 4$  wurden gefiltert und Regionen mit Werten  $< 4$  wurden entfernt. Somit haben die verbliebenen Verbindungen relativ große Validitäten.



**Abbildung 24:** Orthogonale Netzwerkdarstellungen der gefilterten Validitätsmatrix (Abbildung 23). Nur die besonders validen Verbindungen werden noch dargestellt.



**Abbildung 25:** Hierarchische Gebietsdarstellung mit orthogonalen Netzwerklayout von gefilterten besonders validen Verbindungen im unilateralen BS-Konnektom.

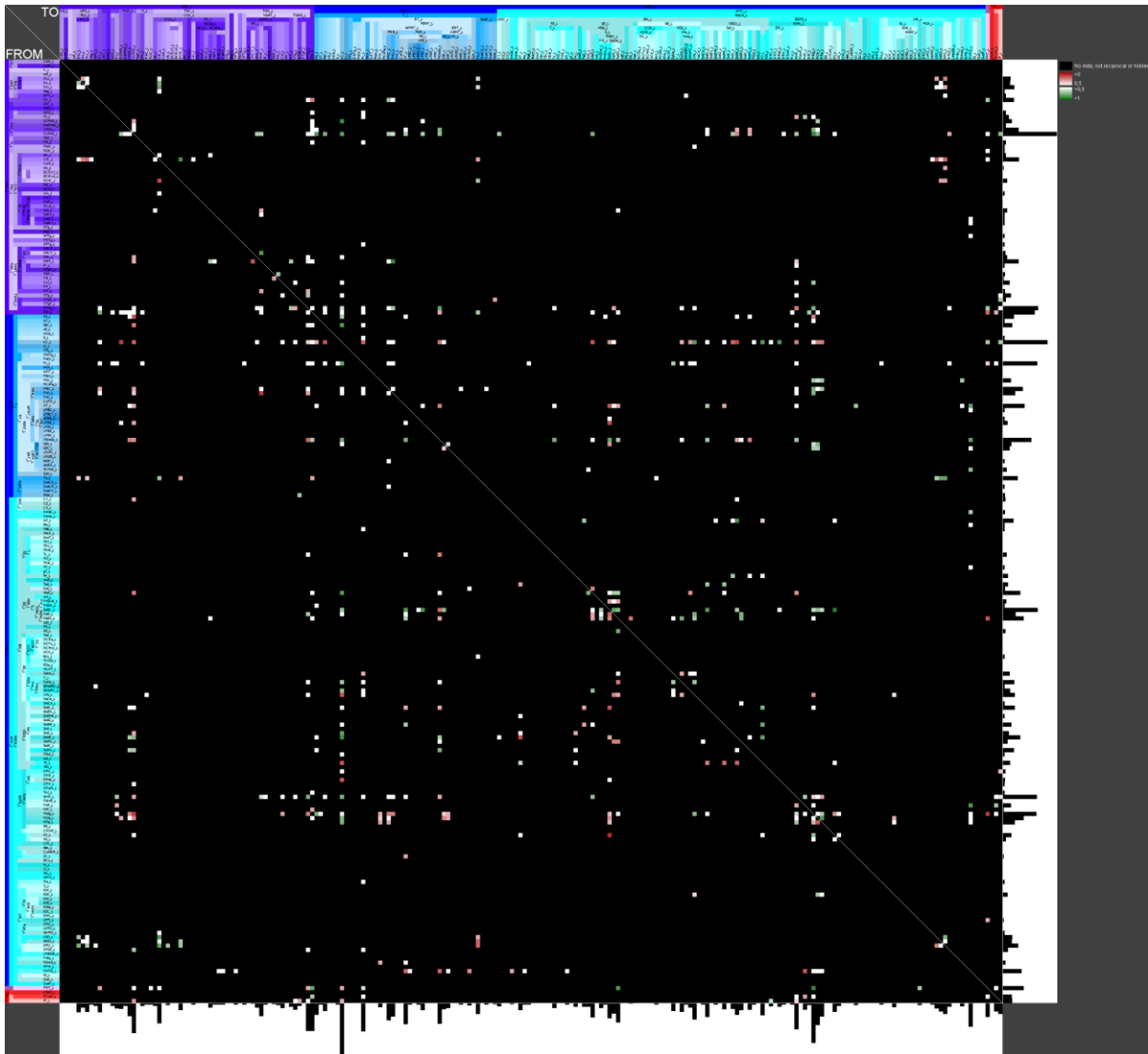
### 3.3.5 Reziproke Verbindungsstrukturen

297 der 1814 Verbindungen im unilateralen BS-Netzwerk sind reziprok (Abbildung 26). 832 von 5380 Verbindungen sind im bilateralen BS-Konnektom reziprok. Ipsilateral verlaufen mehr Reziprozitäten als kontralateral (Abbildung 65). Da kontralaterale Reziprozitäten häufig zwischen gleichen Regionen unterschiedlicher Hemisphären verlaufen, sind Nebendiagonalen in der Reziprozitätsmatrix zu erkennen (Abbildung 65). Den Verbindungsgewichten der beiden konnektionalen Anteile einer reziproken Verbindung wurden Farbbänder zugewiesen. Sind die Verbindungsgewichte relativ groß und ähnlich liegen sie im grünen Farbbereich. Sind sie hingegen relativ klein und unähnlich, wurden sie mit einem Rot-Ton kodiert. Die symmetrische Häufigkeitsverteilung der Reziprozitäten zeigt ein Häufigkeitsmaximum für Reziprozitäten die ungefähr gleich viele Efferenzen und Afferenzen besitzen (Abbildung 27).

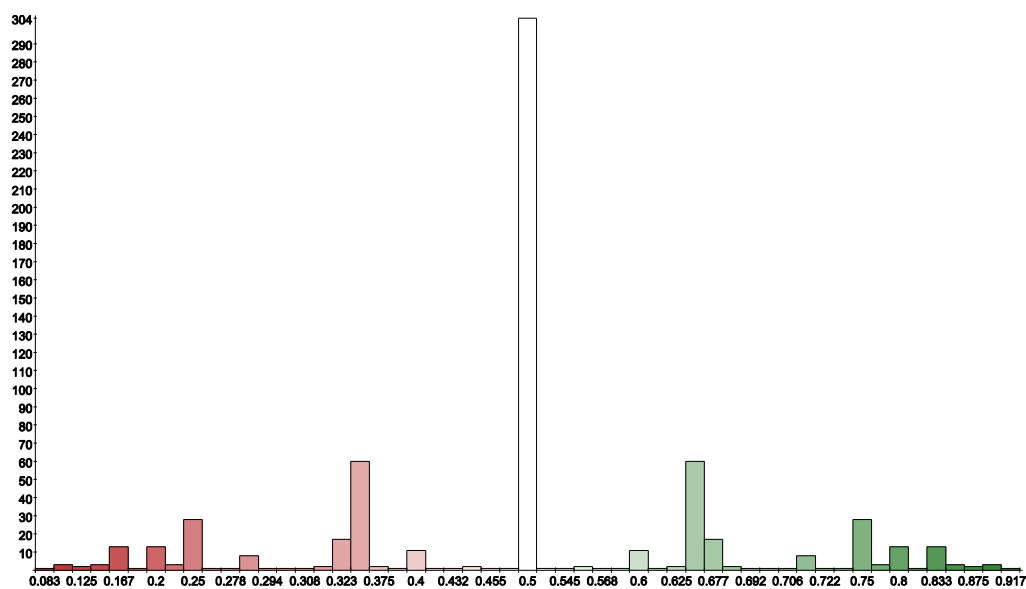
Die meisten intrinsischen Reziprozitäten im unilateralen BS-Konnektom haben LC (34), VLPAG (28, RmG (22) und PPTg (21). Zudem sind Verbindungen innerhalb dieser Regionen beschrieben worden, so dass auch Eintragungen auf der Hauptdiagonalen für diese Regionen in der Adjazenzmatrix vorhanden sind. Allgemeiner lassen sich selbstreferente, reziproke und zyklische Verbindungen mit der Zyklen-Analyse von *neuroVIISAS* bestimmen. Dies wurde bis zu einem Zyklengrenzwert von 6 durchgeführt (Tabelle 6). Die Regionen mit den meisten Reziprozitäten weisen auch die meisten höhergradigen Zyklen auf.

**Tabelle 6:** Anzahlen zyklischen Verbindungen von 1 (Verbindung mit sich selber), 2 (reziprok) bis 6.

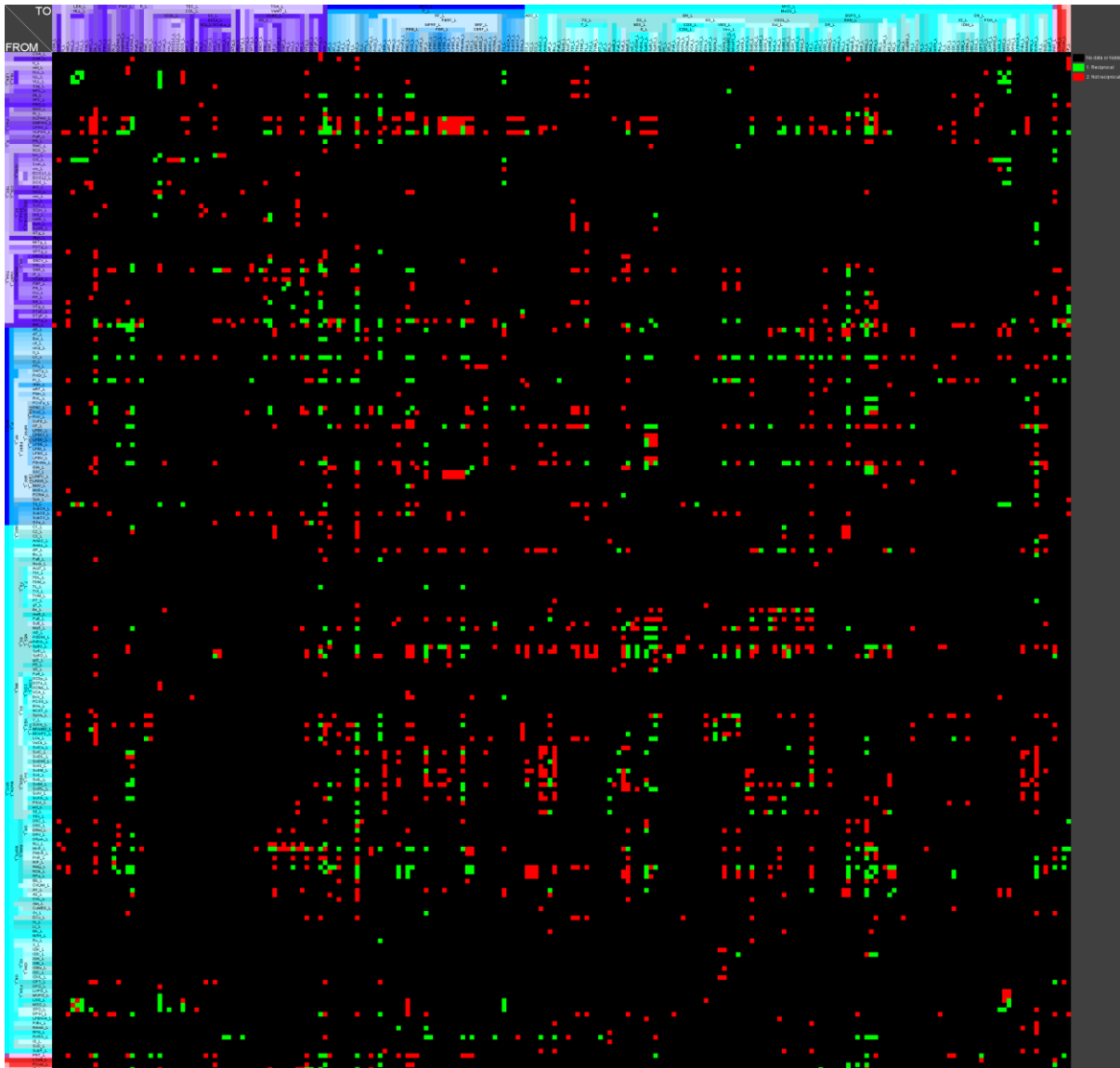
Region	1	2	3	4	5	6
Locus coeruleus	1	34	558	9408	152641	2397393
Ventrolateral periaqueductal gray	1	28	418	7279	119865	1914314
Raphe magnus nucleus	1	22	366	6384	107023	1724569
Pedunculopontine tegmental nucleus	1	21	316	5161	85801	1388896
Median raphe nucleus	1	19	272	4645	77246	1255759
Edinger Westphal nucleus	0	19	262	4418	74241	1213219
Raphe obscurus nucleus	1	15	226	3981	67857	1116014
Parabrachial nucleus medial	0	15	218	3882	65393	1075073
Spinal trigeminal nucleus caudal part	1	17	213	3748	62400	1024255
Koelliker Fuse nucleus	0	13	207	3532	59523	982343



**Abbildung 26:** Unilaterale Reziprozitätsmatrix des BS-Netzwerkes. Rot-Töne bedeuten relativ weniger Efferenzen oder Afferenzen und Grün-Töne relativ mehr. Weiß bedeutet, dass ungefähr gleichviele Efferenzen und Afferenzen vorkommen.



**Abbildung 27:** Verteilung der reziproken Verbindungsgewichte.

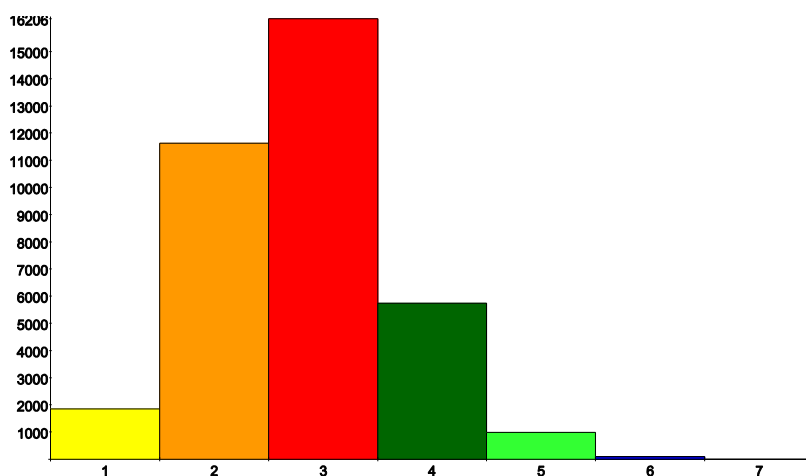


### 3.3.6 Die BS-Distanzmatrix

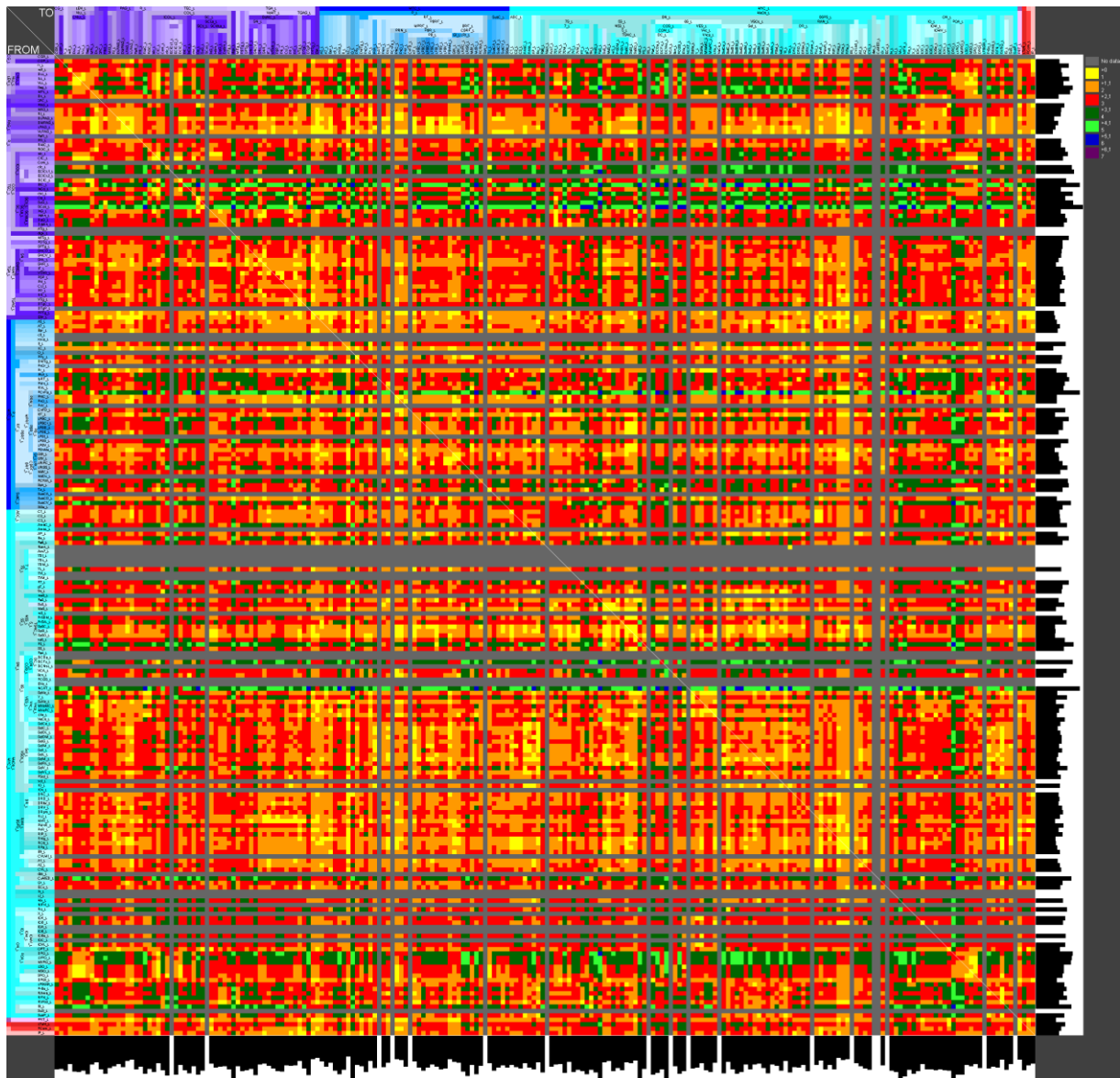
Die Distanzmatrix zeigt die kürzesten Wege zwischen sämtlichen Regionen des BS-Konnektoms. Die meisten Gebiete lassen sich über drei Verbindungen bzw. zwei Zwischenregionen erreichen (Abbildung 29). Die graphentheoretischen Distanzen sind die kleinsten Anzahlen von Verbindungen, um von einem Gebiet zu einem anderen Gebiet zu gelangen. Regionen des unilateralen BS-Konnektoms mit zahlreichen geringen intrinsischen Distanzen sind VLPAG (63), LC (51), Sp5C (50) und DLPAG (46), wobei die Zahlen der Anzahl von Distanzen mit dem Abstand 1 entsprechen. Abstand 1 ist eine direkte Verbindung zwischen zwei Regionen und Abstand 2 wäre eine Verbindung mit einem Zwischengebiet. Da pro Gebiet Input und Output Distanzen berechenbar sind, wurde die gesamte Distanzentabelle im Anhang wiedergegeben (Tabelle 16).

Die geringen Distanzen lassen sich mit Hilfe des Balkendiagrammes in Abbildung 29 deutlich erkennen. Relativ große Distanzen ( $d=4$ ) weisen spezielle zytoarchitektonische Schichten des Colliculus inferior und superior auf, peritrigiminal nucleus, dorsal cochlear nucleus fusiform layer und sagulum nucleus (Tabelle 16).

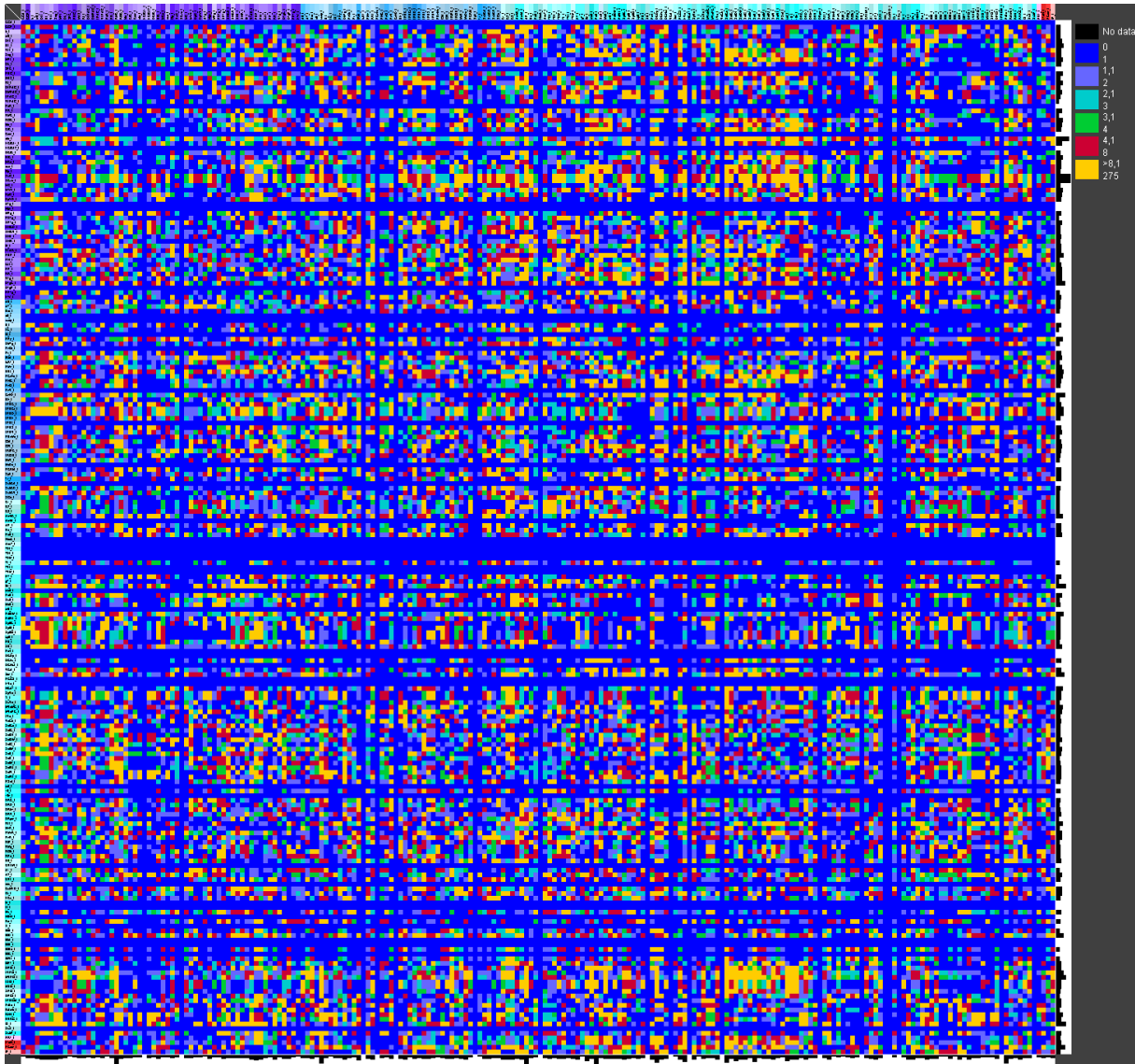
Viele Gebiete lassen sich über ein dazwischenliegendes Gebiet erreichen und haben somit eine Distanz von 2 (Abbildung 67). Werden die Anzahl von Verbindungen zwischen zwei Gebieten gezählt, die über eine Zwischenregion verlaufen, so lässt sich dies in der intermittierenden Distanzmatrix darstellen. Ist die kürzeste Distanz größer als 1, so können mehrere kürzeste Wege über ein oder mehrere dazwischenliegende Gebiete (intermittierende Knoten) verlaufen (shortest path count matrix) (Abbildung 30). Einen Hinweis auf die Wichtigkeit eines Gebietes in dem Konnektom, gibt einem die Anzahl kürzester Verbindungen, die ein Gebiet durchqueren (Abbildung 31). Ein Gebiet ist besonders bedeutend für die Netzwerkintegrität, sofern viele kürzeste Pfade das Gebiet passieren um zwei andere Gebiete zu verbinden. Ein Wegfall solcher Regionen könnte die mittlere kürzeste Distanz eines Netzwerkes deutlich verlängern. LC, Sp5C, DLPAG und EW sind Gebiete, die besonders häufig als intermittierende Gebiete zur Verbindung zweier Regionen genutzt werden (Abbildung 67). Diese Gebiete, gehören nicht notwendigerweise zu denen, die besonders viele kürzeste Distanzen zu anderen Gebieten des BS-Netzwerkes aufweisen. So finden sich für VLPAG 63 kürzeste Pfade der Länge 1, während DLPAG lediglich 46 kürzeste Pfade der Länge 1 besitzt. Bedeutend ist auch, dass die Reihenfolge der Gebiete, hinsichtlich Input und Output nicht symmetrisch sind. Z.B. hat VLPAG als erste Output-Region eines Paares ein Output-Maximum (63) für die Anzahl kürzester Wege aber kein Maximum als erste Input-Region (34) einer beliebigen zweiten Region.



**Abbildung 29:** Häufigkeiten der Distanzen im unilateralen BS-Konnektom. Am häufigsten tritt die Distanz 3 auf.



**Abbildung 30:** Distanzmatrix der BS-Gebiete. Der überwiegende Teil der Gebiete ist über 3 Verbindungen bzw. zwei Zwischenstationen erreichbar. Graue Matrixelemente indizieren, dass eine Region nicht von einer anderen erreicht werden kann. Das Histogramm der Distanzen wurde in Abbildung 29 wiedergegeben. Die Häufigkeiten pro Spalte und pro Zeile sind in den nebenstehenden Balkendiagrammen wiedergegeben.



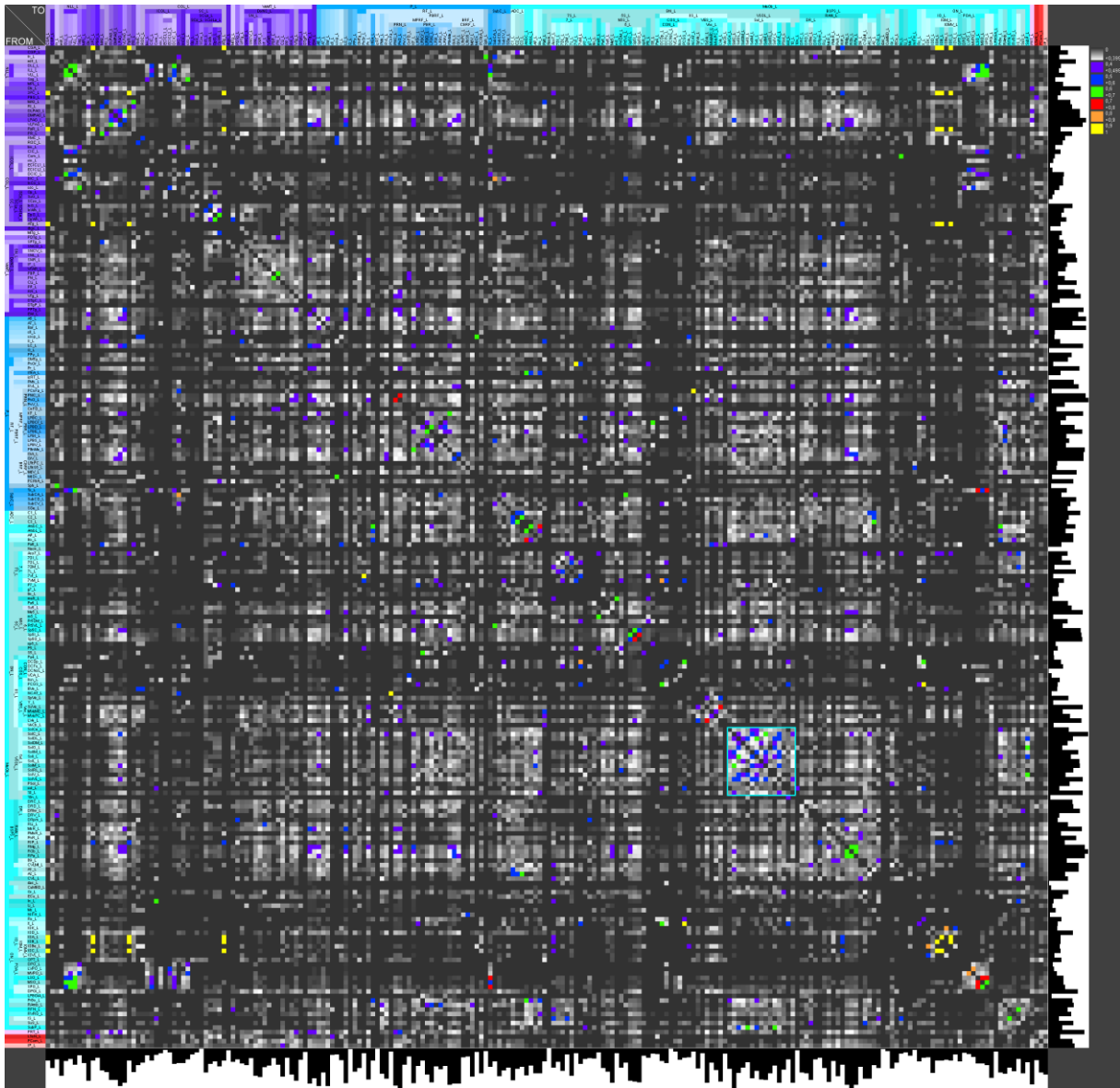
**Abbildung 31:** Anzahl unterschiedlicher kürzester Pfade, über die ein Regionenpaar des unilateralen BS-Konnektoms erreichbar ist. Balkendiagramme befinden sich wieder an den beiden Seiten der Matrix.

### 3.3.7 Connectivity Matching Matrix

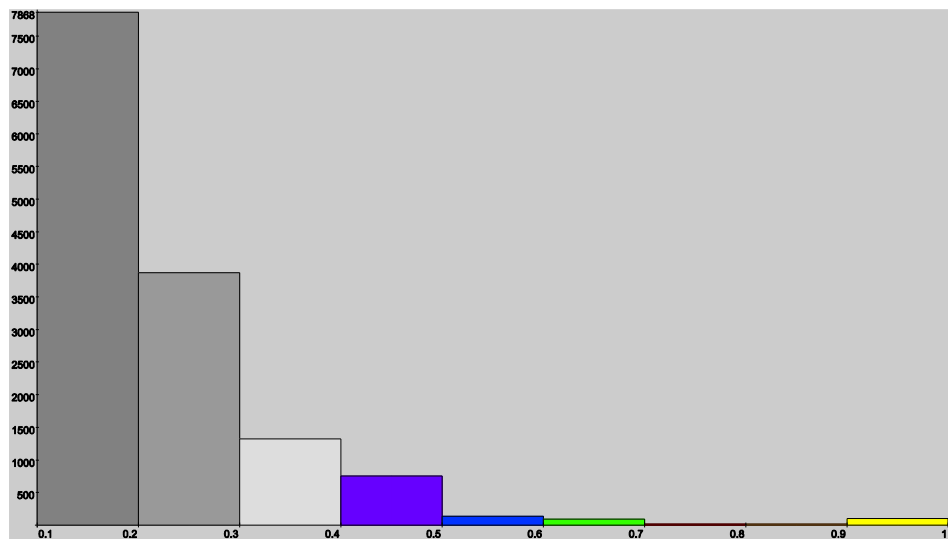
Die Ähnlichkeit der Verbindungen von zwei Regionen des BS-Konnektoms, wurde mit der Connectivity Matching (CMI) Matrix dargestellt. Die Matrix kann sowohl Input-, Output als auch beide Verbindungstypen zusammen (CMI<sub>All</sub>-Matrix) abbilden. In Abbildung 33 ist die CMI<sub>All</sub>-Matrix für Input und Output Verbindungen zusammen wiedergegeben. Das Maximum beträgt 1, wenn die Verbindungen zweier Regionen identisch sind. Umso größer die Übereinstimmung von Verbindungen von zwei Regionen ist, desto größer ist auch der CMI-Wert. In der CMI-Matrix sind die obere und untere Dreiecksmatrix symmetrisch. Um größere CMI-Werte besser sichtbar zu machen, wurden die kleineren CMI-Werte mit Grautönen und die größeren Werte (CMI >0,4) mit 6 Farbklassen dargestellt. Der überwiegende Teil der CMI-



Werte befindet sich im Bereich zwischen 0 bis 0,399 (Abbildung 32).  $CMI_{All}$ -Werte  $> 0,8$  sind in Tabelle 7 wiedergegeben.



**Abbildung 32:**  $CMI_{All}$ -Matrix für Input und Output Verbindungen. Balkendiagramme an den Seiten der Matrix geben die Zeilen- und Spaltenhäufigkeiten wieder. Je heller die Grautöne desto ähnlicher sind die Verbindungen eines Regionenpaares. Die größeren  $CMI_{All}$ -Werte ( $>0,4$ ) wurden mittels 6 Farbklassen hervorgehoben. DR-VTA und PNC-PnO weisen Maxima (rot) auf. Die Balkendiagramme zeigen große Werte für connectivity Matchings Input und Outputs, wenn die schwarzen Bereiche lang sind wie z.B. für LPGi und LC. In dem türkis markierten Bereich (Nc. solitarius) scheint die Dichte von Regionen mit größeren  $CMI_{All}$ -Werten größer zu sein, als in der übrigen Matrix (siehe Abbildung 34).



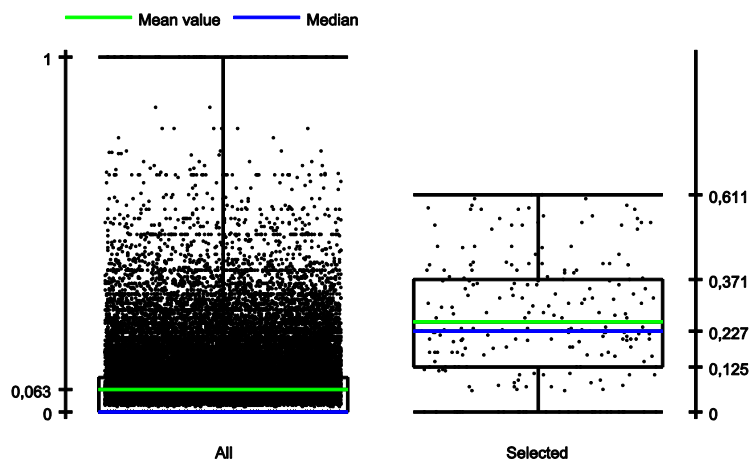
**Abbildung 33:** Häufigkeitsverteilung der CMI<sub>AII</sub>-Werte des unilateralen BS-Konnektoms.

**Tabelle 7:** CMI<sub>AII</sub>-Werte  $\geq 0,8$ .

Region 1	CMI <sub>AII</sub>	Region 2
Central gray alpha part	1,0	Oculomotor nucleus parvicellular part
Oculomotor nucleus parvicellular part	1,0	Central gray alpha part
Parabrual nucleus	1,0	Central gray alpha part
Anterior tegmental nucleus	1,0	Central gray alpha part
Pontine nucleus oralis	1,0	Facial nucleus ventral intermediate subnucleus
Precuneiform area	1,0	Nucleus of the central acoustic tract
Facial nucleus ventral intermediate subnucleus	1,0	Pontine nucleus oralis
Parachochlear glial substance	1,0	Nucleus X
Nucleus of the central acoustic tract	1,0	Precuneiform area
Nucleus X	1,0	Parachochlear glial substance
Inferior olive subnucleus A of medial nucleus	1,0	Central gray alpha part
Inferior olive subnucleus B of medial nucleus	1,0	Central gray alpha part
Inferior olive subnucleus C of medial nucleus	1,0	Central gray alpha part
Lateroventral periolivary nucleus	0,8	Medioventral periolivary nucleus
Medioventral periolivary nucleus	0,8	Lateroventral periolivary nucleus
Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	0,8	Subcoeruleus nucleus alpha part
Subcoeruleus nucleus alpha part	0,8	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus
Facial nucleus ventromedial subnucleus	0,8	Dorsal cochlear nucleus deep core
Dorsal cochlear nucleus deep core	0,8	Facial nucleus ventromedial subnucleus
Inferior olive cap of Kooy of the medial nucleus	0,8	Inferior olive beta subnucleus
Inferior olive beta subnucleus	0,8	Inferior olive cap of Kooy of the medial nucleus

Mehrere große Verbindungsähnlichkeiten mit anderen BS-Regionen weist Central gray alpha part auf. Auch die Verbindungsähnlichkeiten des periolivaren und der inferioren olivaren Kernunterteilungen fallen auf. Die hohen Histogramm-Balken in Abbildung 34 sind Indikatoren für Regionen, die mit anderen Regionen häufig zahlreiche gleiche Verbindungen aufweisen. Hierzu gehörten RO<sub>b</sub>, SolC, PnO und LPAG. Die Dichte von Regionen mit größeren CMI<sub>AII</sub>-Werten scheint für Unterregionen des Nc. solitarius (türkise Markierung in Abbildung 34) größer zu sein, als in der übrigen CMI<sub>AII</sub>-Matrix. Der Mittelwert-Vergleich

mittels Student's t-Test der  $CMI_{All}$ -Werte (0,255) des Nc. solitarius mit den übrigen Regionen (0,063) des BS-Konnektoms zeigt einen signifikant größeren Unterschied ( $p < 0,001$ ) (Abbildung 33).



**Abbildung 34:** Vergleich der  $CMI_{All}$ -Werte der Unterregionen des Nc. solitarius (Selected) mit den übrigen Regionen (All) des unilateralen BS-Konnektoms.

### 3.3.8 Communicability Matrix

Müssen viele kürzeste Verbindungen eines beliebigen Paares von Regionen genau dieses Paar passieren, so sind diese beiden Regionen wichtiger für die Netzwerkintegrität als zwei Regionen durch welche nur sehr wenige kürzeste Verbindungen verlaufen. Ein solches Verbindungs-Merkmal lässt sich als Parameter nutzen, der die Bedeutung zweier Regionen für Pfade des Netzwerkes bzw. deren globale Relevanz für Verbindungen im Netzwerk widerspiegelt. Hierbei werden sehr große absolute Werte in der Communicability-Matrix (CM) dargestellt. Die CM-Werte wurden in Form von Absolutwerten für das unilaterale BS-Konnektom in der CM-Matrix abgebildet (Abbildung 35).

Regionen mit vielen Verbindungen wie VLPAG, LC, DLPAG, PPTg und RmG haben verhältnismäßig große CM-Werte, die in den Häufigkeitsdiagrammen der Spalten und Zeilen der CM-Matrix sichtbar sind (Abbildung 35). Mittels der interaktiven Auswahl von Überregionen, die in den Zeilen und Spalten der CM-Matrix relativ große Werte besitzen, geht hervor, dass PAG-, PRN-, Gi-, Sp5nc- und RAN-Regionen größere CM-Werte besitzen. LC weist besonders große CM-Werte auf. Anders als bei den zuvor aufgeführten Regionen, erscheint LC bezüglich der großen CM-Werte isoliert, da keine benachbarten Regionen vorliegen (bzw. feinere Unterteilungen von LC berücksichtigt wurden), in der sich vergleichbar große CM-Werte zeigen.

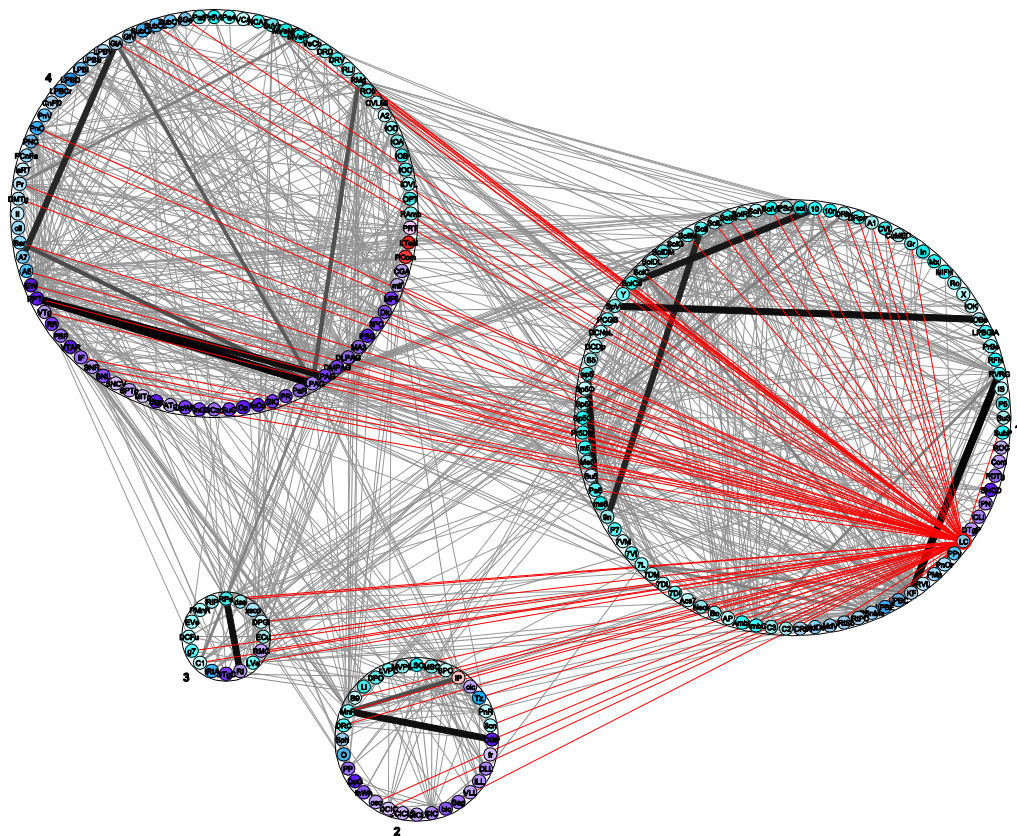


**Abbildung 35:** Die Communicability-Matrix (CM) des BS-Netzwerkes. Großen CM-Werten wurden hellere Grautöne zugewiesen. Diese größeren Werte bedeuten, dass relativ viele Pfade durch ein Paar von Regionen verlaufen und diese Regionen somit eine große Bedeutung für das gesamte Netzwerk haben. Der hier dargestellte CM-Wert basiert auf der ungewichteten nicht normierten CM-Berechnungs-Variante. Markiert wurden 12 Regionen mit erhöhten CM-Werten.

### 3.3.9 Modularitätsanalyse

Die globalen Parameter des BS-Konnektoms wurden in Kapitel 3.3.3 vorgestellt. Teil der Berechnung globaler Parameter ist auch die gerichtete, ungerichtete, ungewichtete und gewichtete Modularitätsanalyse. Die Modularitätsanalyse generiert Gruppierungen oder Module von Regionen, sofern sie untereinander häufiger verbunden sind als mit Regionen anderer Gruppen. Es wurde eine von 6 unterschiedlichen Varianten der Modularitätsanalyse auf das BS-Konnektom durchgeführt. Die Variante berücksichtigt, die Verbindungs-Richtung und das logarithmisch transformierte Verbindungsgewicht von kumulierten Verbindungen

(Abbildung 36). Es wurden 4 Module berechnet. In jedem Modul treten Verbindungen mit besonders großen Verbindungsgewicht(en) auf (dicke dunkelgraue Verbindungen). LC hat keine solchen besonders großen Verbindungsgewichte, dafür jedoch relativ viele einzelne Verbindungen zu bzw. von allen Modulen (rote Linien). Untergebiete des Nc. solitarius wurden Modul 1 zugeordnet, während PAG und PONS Untergebiete eher in Modul 4 zu finden sind. Modul 2 besteht aus diversen mesenzephalen Gebieten. In diesem Modul ist das mediane Raphe Kerngebiet mit dem Central gray der Pons verbunden und weist besonders große Verbindungsgewichte auf. Im Modul 3 überwiegen medulläre Gebiete. Hier kommt ebenfalls eine besonders stark gewichtete Verbindung zwischen dem rostral interstitial nucleus of the medial longitudinal fasciculus und dem Raphe pallidus Kern vor.



**Abbildung 36:** Gerichtete Modularitätsanalyse kumulierter Verbindungen. Die Verbindungsgewichte wurden logarithmisch transformiert. Mit dieser Methode wurden 4 Module gefunden. LC wurde ausgewählt und die Verbindungen sind rot hervorgehoben. Je dunkler und dicker die Grautöne der Verbindungen, desto größer ist das Verbindungsgewicht.

### 3.3.10 Lokale Konnektivitätsanalyse

Die lokalen Netzwerk-Parameter der BS-Regionen des unilateralen BS-Konnektoms wurden berechnet. Von jedem Parameter wurden unabhängig von anderen Parametern die Ränge für jede Region bestimmt. Dies geschieht durch eine absteigende Sortierung der Werte eines Parameters, womit sich eine Reihenfolge bzw. Rangfolge ergibt. Je kleiner die Rangzahl bzw. Rangposition desto größer ist der Parameter. Parameter deren kleine Werte eine große Bedeutung für eine Region im Netzwerk widerspiegeln, wurden entsprechend an die Rangfolgenberechnung angepasst. Danach wurden die mittleren Rangwerte (AvgRang) für alle Regionen berechnet und bezüglich der mittleren Rangwerte die Regionen sortiert. Die 25 Regionen mit den kleinsten Rangwerten wurden in Tabelle 7 wiedergegeben. Es wurden 11 von 51 lokalen Parametern ausgewählt die eine große Korrelation mit dem Grad (Gesamtzahl der intrinsischen Verbindungen) der Regionen aufweisen oder die besonders aussagekräftig und damit bedeutsam für eine unilaterale Charakterisierung der Gebiete des BS-Konnektoms sind. Die vollständige Tabelle der lokalen Parameter befindet sich im Tabellenanhang (Tabelle 17). Formale Definitionen der Parameter und Erläuterungen sind den Supplementen von Schmitt et al. (2012a, 2016) zu entnehmen. Häufig wird zwischen Parametern und Bedeutung einer Region im Konnektom eine Beziehung gesehen, was für den Fall eines umfangreichen Konnektoms mit besonders vielen Regionen und Parametern unübersichtlich ist. Zur Vereinfachung lassen sich die Regionen aufsteigend bezüglich ihres mittleren Ranges (AvgRang) sortieren. In Tabelle 8 sind die aufgeführten BS-Regionen aufsteigend nach ihren mittleren Rängen der lokalen Parameter sortiert, welche sich annähernd umgekehrt proportional zur Summe der Werte für DGo (Efferenzen) und DGi (Afferenzen) und gleichläufig wie die Shapley-Werte verhalten. Obwohl RVRG den höchsten Rang (37,5) einnimmt, beträgt  $DG_{All}$  lediglich 59. Auch ROb hat einen hohen Rang von 37,6 bei einem  $DG_{All}$  von 56. LC hat hingegen deutlich mehr Verbindungen ( $DG_{All}=118$ ) während der Rang erheblich niedriger - im Vergleich mit RVRG und ROb - bei 49,1 liegt. Ferner wurden alle relevanten lokalen Parameter in einem Rangdiagramm visualisiert (Abbildung 37). Die Berechnung lokaler Parameter erfolgte für ungewichtete Verbindungen.

Die Kurve der mittleren Ränge verläuft zwischen Rang 37 und 170. Die höchsten Ränge zwischen 1 und 6 nehmen die Regionen RVRG, ROb, KF, Sp5C, SolC und 10 (37,4 - 42,7) in unterschiedlicher Reihenfolge ein. Trotz der oberen Rangpositionen hinsichtlich der lokalen Parameter besitzen diese Regionen jedoch nicht die meisten Verbindungen. Ihre konnektionalen Eigenschaften im Netzwerk haben aus konnektionaler Sicht eine größere Bedeutung als die Anzahl ihrer Input- und Output-Verbindungen.

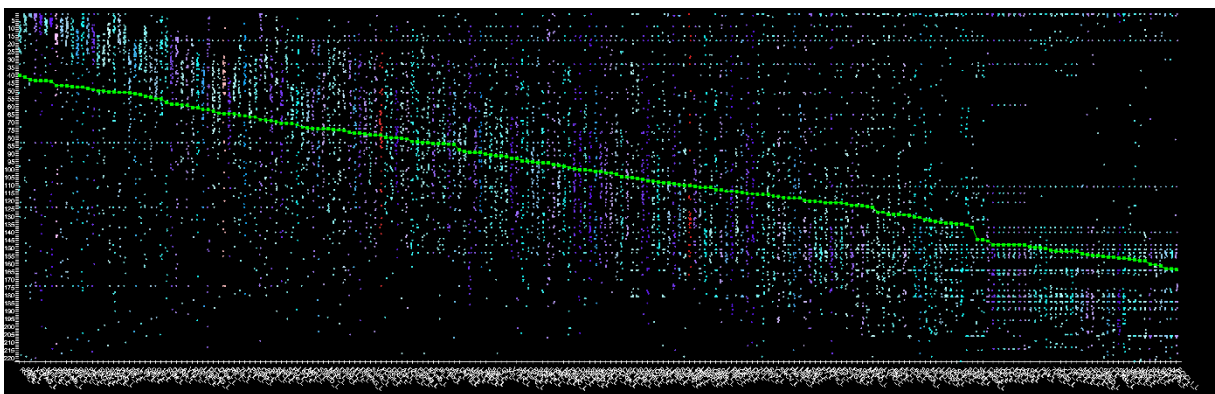


Dies wird auch in der parallelen Koordinatendarstellung dieser Parameterkonfiguration deutlich (Abbildung 38). Es wurden dabei 3 Regionen besonders hervorgehoben, welche auf den oberen mittleren Rängen liegen. Es zeigt sich hierdurch deutlich, dass die lokalen Parameter dieser Regionen in ähnlichen Wertebereichen liegen. Die Parameter Stress und BC stellen hierbei eine Ausnahme dar.

**Tabelle 8:** Die 25 höchstrangigen Regionen des unilateralen BS-Konnekts. Übersicht über ausgewählte ungewichtete lokale Netzwerkparameter (sortiert nach aufsteigenden AvgRang).

Region	REC	AvgRang	DGall	DGOut	DGIn	CDC	AvgDG <sub>nb</sub>	BC	IN	EC	Shapley
RVRG	13	37,5	59	16	43	0,7288	27,5870	0,0687	587	0,2452	-3,1957
ROb	15	37,6	56	29	27	0,4821	43,6098	0,0181	497	0,5736	-0,8718
KF	13	41,1	75	46	29	0,3867	33,3548	0,0328	985	0,6025	-0,9663
Sp5C	17	41,1	77	50	27	0,3506	31,0667	0,0361	1026	0,6622	-1,0278
SolC	8	42,2	45	19	26	0,5778	41,2162	0,0118	295	0,3278	-0,6705
10	6	42,7	53	15	38	0,7170	36,8723	0,0206	440	0,1448	-0,5832
RMg	22	43,3	84	41	43	0,5119	35,9355	0,0414	1309	0,7335	-1,5351
SuVe	7	44,0	43	24	19	0,4419	42,2500	0,0228	294	0,4526	-0,9937
Sp5I	8	44,9	59	38	21	0,3559	35,7255	0,0197	581	0,5637	-0,3922
LVe	9	46,0	44	25	19	0,4318	40,4571	0,0174	307	0,3989	-0,3772
MnR	19	46,7	73	36	37	0,5068	33,5556	0,0335	1006	0,6190	-1,3983
EW	19	47,2	83	42	41	0,4940	28,5000	0,0880	1410	0,6025	-2,1638
Bar	6	47,5	28	9	19	0,6786	49,7273	0,0022	75	0,2447	-0,0161
PPTg	21	47,8	78	46	32	0,4103	34,4912	0,0438	1089	0,7437	-1,9434
VLPAG	28	47,8	97	63	34	0,3505	32,7101	0,0613	1640	1,0000	-2,7682
PNC	12	48,1	57	23	34	0,5965	38,0222	0,0401	547	0,4581	-0,5945
PRT	11	48,3	55	27	28	0,5091	38,7955	0,0605	530	0,5118	-0,9263
PBnMe	15	48,9	69	38	31	0,4493	35,2963	0,0389	881	0,6399	-1,0494
SolM	10	48,9	52	34	18	0,3462	32,6905	0,0192	418	0,4637	-0,4262
LC	34	49,1	118	51	67	0,5678	30,2143	0,1216	2770	0,8566	-3,3954
Sp5O	13	49,8	59	34	25	0,4237	37,2609	0,0448	639	0,6033	-1,2089
Me5	9	50,1	59	27	32	0,5424	35,1600	0,0334	638	0,4312	-0,5957
Pr	20	50,3	59	33	26	0,4407	35,5897	0,0373	633	0,5012	-2,1252
RPa	8	50,8	52	21	31	0,5962	41,7500	0,0153	449	0,4064	-0,3689
RVL	4	50,9	29	5	24	0,8276	43,0400	0,0011	71	0,0961	0,1479

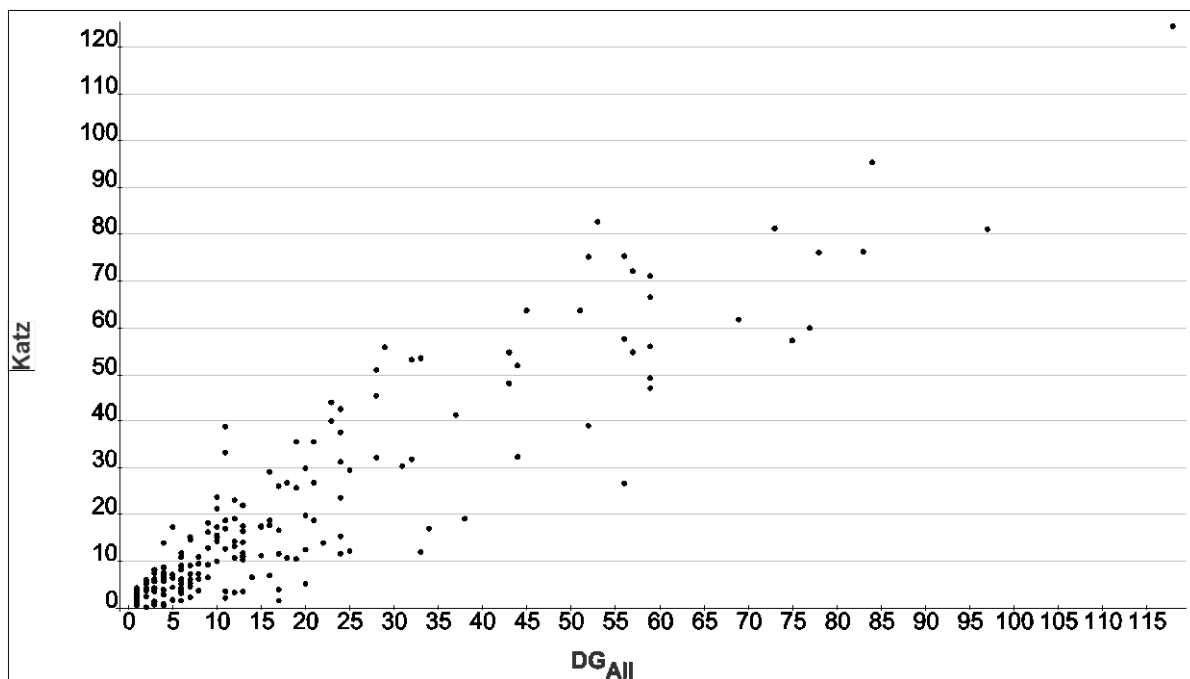
LC hat mit 118 intrinsischen Verbindungen den größten  $DG_{ALL}$ -Wert, gefolgt von VLPAG (97) und RMg (84) sowie EW (83).



**Abbildung 37:** Die Werte der lokalen Netzwerkparameter des unilateralen ungewichteten BS-Netzwerkes wurden Rängen zugeordnet. Die grüne Kurve zeigt die mittleren Ränge jeder Region. Je kleiner die Rangnummer desto größer die Rangordnung und desto größer sind die lokalen Parameter im Mittel und damit die Bedeutung für die Region.

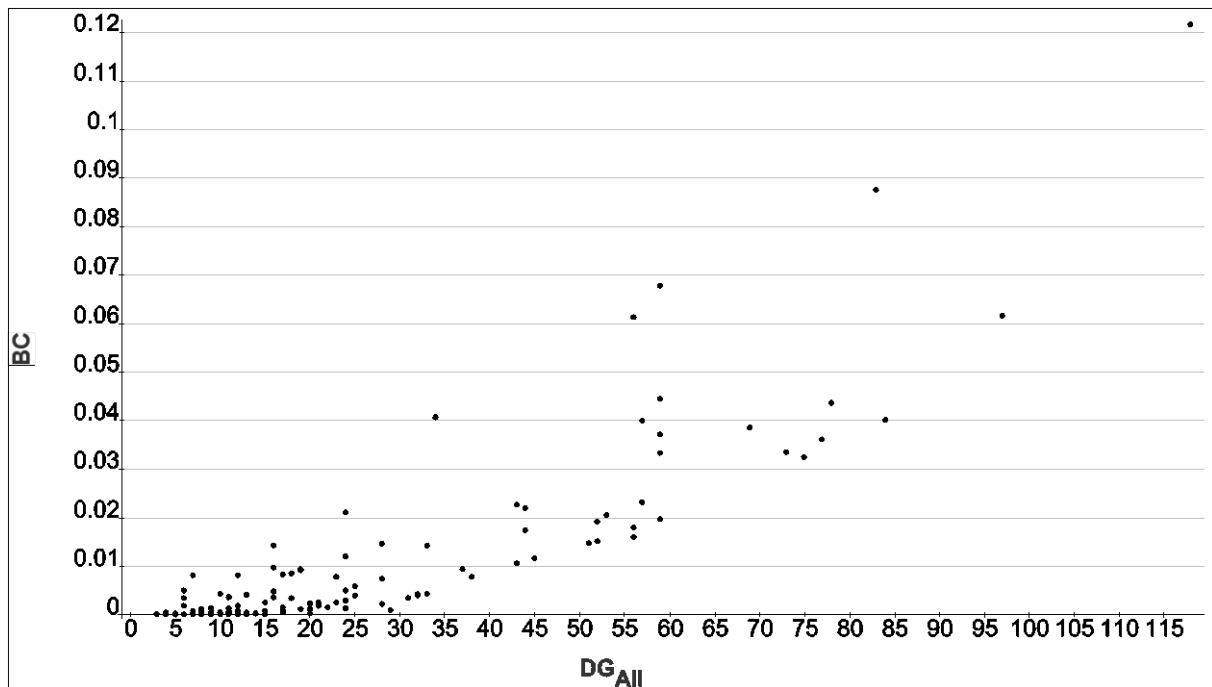






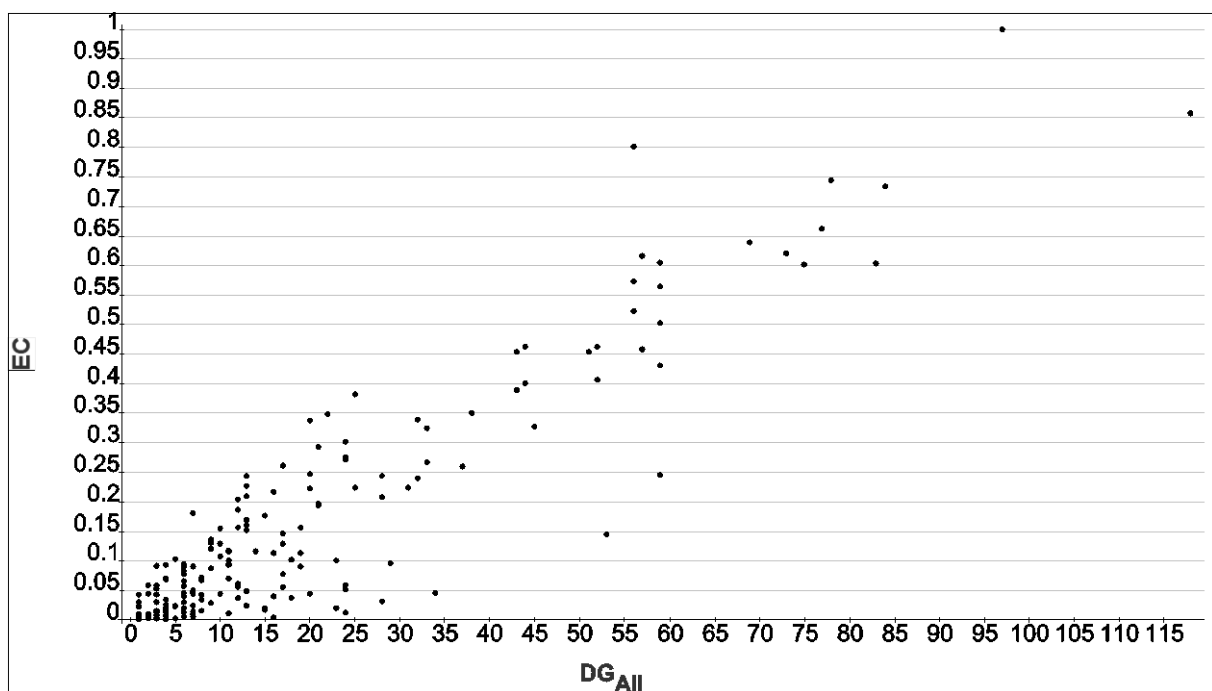
**Abbildung 39:** Darstellung des Katz-Indexes in Abhängigkeit von Input- und Output-Verbindungen ( $DG_{All}$ ) des unilateralen BS-Konnektoms.

Die *Betweenness-Zentralität* ( $BC$ ) ist der Quotient der Anzahl kürzester Pfade zwischen zwei Gebieten  $a$  nach  $b$  über ein Zwischengebiet  $v$  und der Gesamtzahl kürzester Pfade von  $a$  nach  $b$ . Somit stellt die  $BC$  ein Maß für die Zentralität einer Region in dem BS-Netzwerk dar. Nimmt man an, dass der Signalfluss den kürzesten Weg durch das Netzwerk nimmt, hat eine Region mit einer großen  $BC$  den größten Einfluss auf die Übertragung von Signalen. Eine große  $BC$  unterstreicht die Wichtigkeit eines Knotens bzw. einer Region für das gesamte Netzwerk bzw. das BS-Netzwerk. Die Gebiete LC ( $BC \approx 0,134$ ), EW ( $BC \approx 0,085$ ), RVRG ( $BC \approx 0,062$ ) und PRT ( $BC \approx 0,061$ ) haben die größten  $BC$ -Werte und damit eine relativ große Relevanz für das Netzwerk. Die Verteilung der  $BC$ -Werte in Abhängigkeit von der Gesamtzahl von Verbindungen pro Region wird in Abbildung 40 gezeigt.



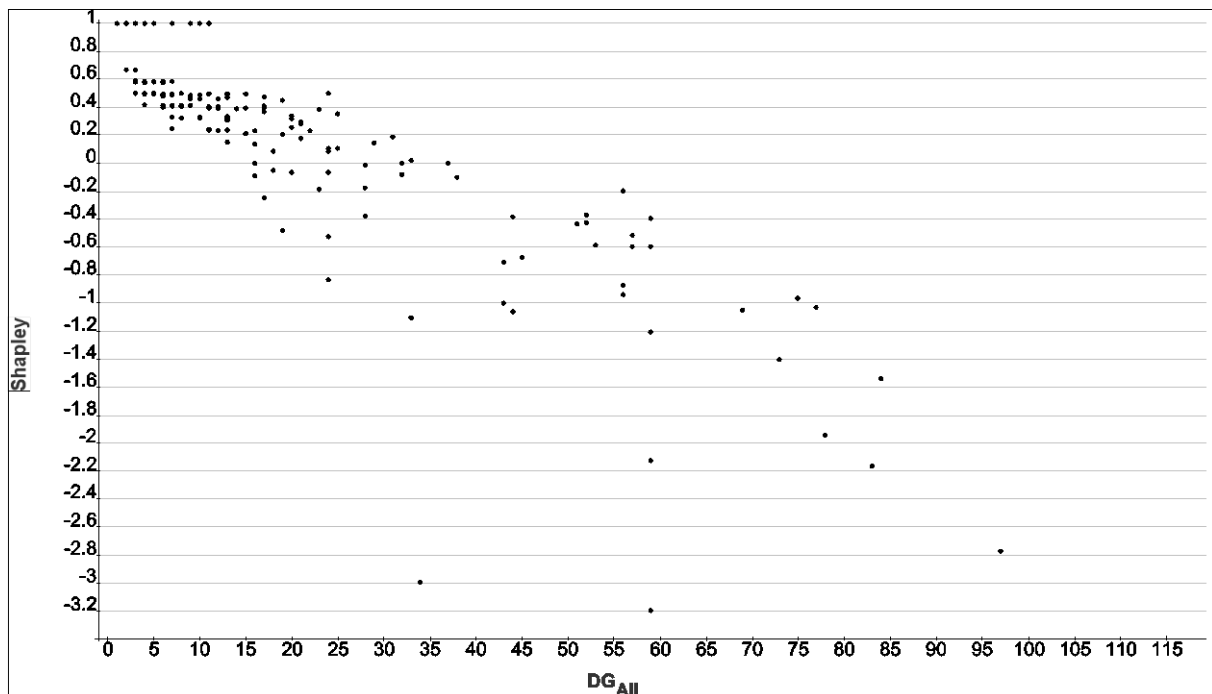
**Abbildung 40:** Darstellung der Betweenness-Zentralität (BC) in Abhängigkeit von Input- und Output-Verbindungen (DG<sub>All</sub>) des unilateralen BS-Konnektoms.

Mit der *Eigenvektorzentralität* (EC) lassen sich Gebiete bestimmen, die mit anderen wichtigen Gebieten verbunden sind. Diese haben eine besondere Bedeutung für die Übertragung von Signalen im BS-Netzwerk (Tabelle 8, Abbildung 41). EC-Werte gegen 1 weisen auf eine besonders große Bedeutung eines Knotens im Netzwerk hin. Für VLPAG wurde ein maximaler EC-Wert von 1 bestimmt. Danach folgen LC mit 0,855, DLPAG mit 0,802 und PPTg mit 0,743.



**Abbildung 41:** Darstellung der Eigenvektor-Zentralität (EC) in Abhängigkeit von Input- und Output-Verbindungen (DG<sub>All</sub>) des unilateralen BS-Konnektoms.

Der *Shapley-Index* ( $S$ ) ist ebenfalls ein Zentralitätsparameter, der Gruppierungen von Knoten bzw. Regionen und deren synergistische Konnektivität bestimmt. Somit besteht ein Unterschied zu den zuvor erwähnten Parametern, die Gruppierungs-unabhängige Zentralitätsmaße darstellen (Michalak et al. 2013). Der Shapley-Index geht aus der mathematischen Spieltheorie bzw. kooperativen Spieltheorie hervor (game theoretic network centrality measure). Kleine Shapley-Werte (negative Werte) spiegeln eine große Bedeutung eines Gebietes im Netzwerk wieder (Kötter et al. 2007). Für LC ( $S=-3,39$ ,  $DG_{All}=118$ ), RVRG ( $S=-3,19$ ,  $DG_{All}=59$ ), VLPAG ( $S=-2,77$ ,  $DG_{All}=97$ ) und EW ( $S=-2,16$ ,  $DG_{All}=83$ ) weicht die Reihenfolge der Größen deutlich zu ihren mittleren Rängen ab (Abbildung 37). Differenzen in der Reihenfolge der Input- und Output-Verbindungsanzahlen ( $DG_{All}$ ) der Regionen treten ebenfalls auf, was damit erklärt werden kann, dass insbesondere die konnektionalen Eigenschaften einer Region im Netzwerk neben der Anzahl der Verbindungen wichtig sind für die Bedeutung eines Gebietes im Konnektom (Abbildung 42).



**Abbildung 42:** Der Shapley-Index (Shapley) in Abhängigkeit von Input- und Output-Verbindungen ( $DG_{All}$ ) des unilateralen BS-Konnektoms.

### 3.3.11 Motiv-Analyse

Mit *Motivanalysen* lassen sich Häufigkeiten von grundlegenden Verbindungsmustern (Motive) mit zufälligen Netzwerken vergleichen. Motive (Subgraphen) sind sehr kleine Netzwerke mit wenigen Verbindungen zwischen wenigen Knoten, die in einem Konnektom exprimiert sein können. Werden 3 Knoten mit gerichteten Kanten betrachtet, dann lassen sich maximal 13

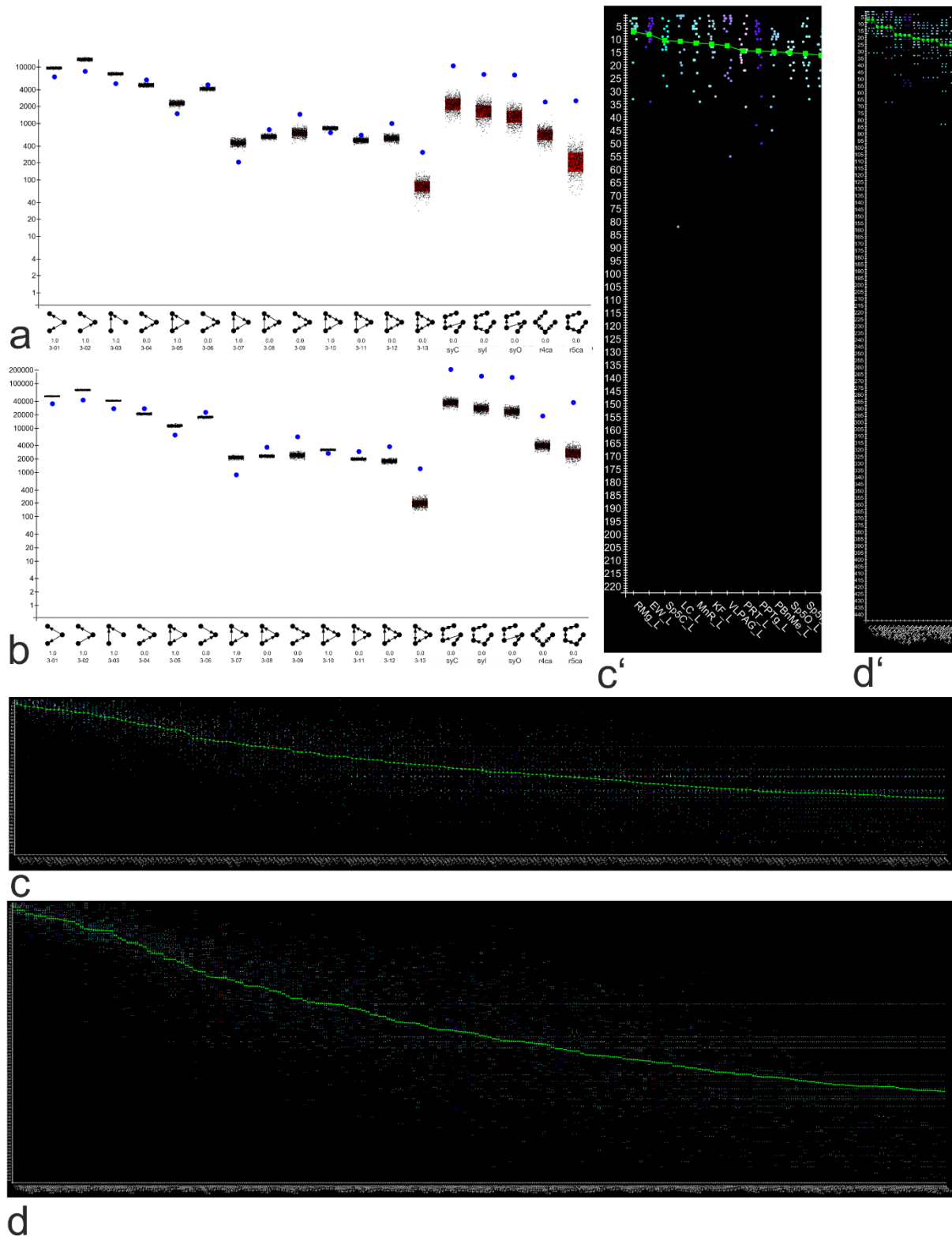
unterschiedliche Motive (Abbildung 43a) erzeugen, sofern keine Selbstbezüglichkeiten gefordert werden. Zusätzlich zu den 13 Motiven wurden 5 spezielle Motive definiert, die reziproke (r4ca, r5ca) 4- und 5-Knoten Kettenmotive (projektive Motive) aufweisen sowie Motive (syC, syI, syO) mit einem zentralen Knoten, der zwei Verbindungen besitzt, die zu identischen, reziprok verbundenen Knotenpaaren führen (lokal regulative Motive).

Es wurde die Häufigkeit von insgesamt 18 Motiven (Abbildung 43a) in dem BS-Netzwerk berechnet. Um festzustellen, inwiefern diese Motive ebenso in zufälligen Netzwerken mit der gleichen Anzahl von Regionen und Verbindungen vorkommen und ob die Häufigkeiten bestimmter Motive in Zufallsnetzwerken Unterschiede zu dem biologischen BS-Netzwerk aufweisen, wurden zufällige rewiring Netzwerke mit gleicher Anzahl an Knoten und Verbindungen generiert.

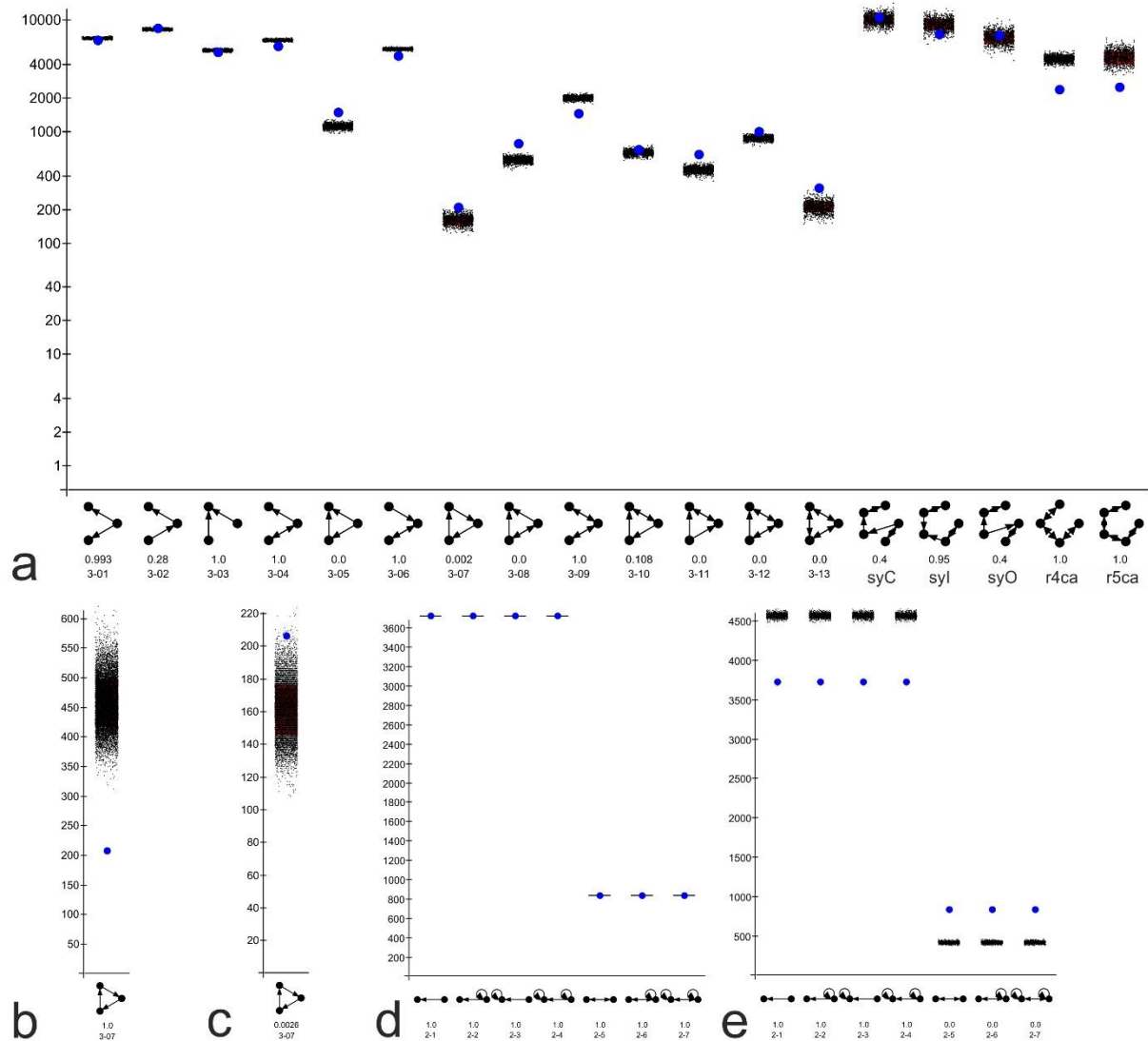
Die zufälligen rewiring Netzwerke wurden jeweils 1000 Mal für das unilaterale (Abbildung 43a) und für das bilaterale BS-Konnektom (Abbildung 43b) erzeugt und für jede der 1000 Randomisierungen die Häufigkeit der 18 Motive bestimmt. Jede Häufigkeit wird in dem abgebildeten unilateralen und bilateralen Motiv-Diagramm (Abbildung 43c, d) mit einem Punkt symbolisiert. Die Verteilungsmuster für das unilaterale und das bilaterale BS-Konnektom ähneln sich. Signifikant häufigere Verteilungen von Motiven im realen unilateralen BS-Konnektom sind auch signifikant häufiger im Vergleich zu Randomisierungen im bilateralen Konnektom. Das vollständig reziproke 3-13er Motiv zeigt hinsichtlich der zufälligen Häufigkeiten den größten Unterschied im Vergleich mit den anderen 3-Knoten Motiv-Häufigkeiten. Das zirkuläre Motiv 3-07 ist sowohl im unilateralen als auch bilateralen BS-Konnektom signifikant seltener vorhanden im Vergleich mit den rewiring Randomisierungen. Ist der Anteil reziproker Kanten in einer rewiring Randomisierung genauso groß wie im realen BS-Konnektom, dann ergibt sich das Verteilungsmuster in Abbildung 44a. Die Motive 3-11 bis 3-13, die im einfachen rewiring Randomisierungsmodus deutlich signifikant häufiger auftreten als im realen BS-Konnektom, zeigen nun geringere Unterschiede im Vergleich mit den Häufigkeiten in rewiring Randomisierungen. Das Motiv 3-09 ist sogar signifikant seltener im realen BS-Konnektom vorhanden. Interessanterweise verhält sich diese Umkehr von Häufigkeiten für das zirkuläre Motiv 3-07 bezüglich der Häufigkeiten im rewiring Randomisierungen mit Konstanthaltung der Reziprozitäten genau umgekehrt: es tritt im realen BS-Konnektom wenig signifikant häufiger auf im Vergleich zu den Randomisierungen und im einfachen rewiring Modus deutlich seltener. Daher wurde das zirkuläre Motiv gezielt mit einer größeren Randomisierung von 10000 Prozessen im einfachen rewiring Modus und im rewiring Modus mit Konstanthaltung reziproker Verbindungen untersucht. Es bestätigte sich das gleiche

Verhalten wie bei 1000 Randomisierungen. Hieraus lässt sich ableiten, dass das zirkuläre Motiv ein spezifisches biologisches Verbindungsmuster im BS-Konnektom darstellt. Es zeigt sich, dass Reziprozitäten im bilateralen BS-Konnektom häufiger auftreten als in rewiring Randomisierung und diese Art von Verbindungen charakteristisch für das BS-Konnektom sind (Abbildung 44d, e).

In Tabelle 18 wurden die Häufigkeiten von Beteiligung der Regionen des unilateralen BS-Konnektoms an der Bildung der 18 Motive aufgeführt. Jede Region zeichnet sich durch eine spezifische Beteiligung an der Bildung der 18 Motive aus. Die Häufigkeiten der Regionenbeteiligungen wurden Motiv-unabhängig sortiert und die Ränge berechnet, so dass für jede Region ein mittlerer Rang an der Beteiligung von Motiven über alle Motive berechnet wurde. RMg (mittlerer Rang: 7,3), EW (8,2), Sp5C (10,6) und LS (11,1) sind die Motive, die sich am häufigsten an der Bildung von Motiven beteiligt haben. Hierbei fällt auf, dass der raphe pallidus nucleus (RPa) sich mit 28 mal am häufigsten an der Bildung des zirkulären Motivs 3-07 (28 Beteiligungen) beteiligt hat, obwohl es einen deutlich geringeren Rang (20,1) als die oben aufgeführten Regionen hat.



**Abbildung 43:** Motiv-Analyse des a) unilateralen und b) bilateralen BS-Konnektoms mit jeweils 1000 maliger Randomisierung mittels rewiring Verfahren. Dieses wurde als schwarzer Punkt der Punktwolke eines Motives zugeordnet. Die blauen Punkte entsprechend den Motivhäufigkeiten im realen BS-Konnektom. Die y-Achse ist logarithmisch skaliert. Motiv-Variationen (3 Knoten ohne Selbstbezüglichkeiten) 3-01: Divergenz, 3-02: Kette, 3-03: Konvergenz, 3-04: Kette mit Reziprozität, 3-05: Divergenz mit Konvergenz, 3-06: Kette mit Reziprozität, 3-07: Kreis, 3-08: Konvergenz mit Reziprozität, 3-09: Doppelte Reziprozität, 3-10: Kreis mit Reziprozität, 3-11: Divergenz mit Reziprozität, 3-12: doppelte Reziprozität mit Konvergenz, 3-13: komplette Reziprozität. a) unilaterales BS-Konnektom. b) bilaterales BS-Konnektom. c) Sortierte mittlere Ränge für die Motivhäufigkeiten im unilateralen BS-Konnektom. c') Vergrößerter Ausschnitt von c. d) Sortierte mittlere Ränge für die Motivhäufigkeiten im bilateralen BS-Konnektom. d') Vergrößerter Ausschnitt von d.



**Abbildung 44:** a) Unilaterale BS-Motivanalyse mit rewiring Randomisierung und Konstanthaltung reziproker Verbindungen. Die y-Achse wurde logarithmisch skaliert. b) Das zyklische Motiv 3-07 wurde im unilateralen BS-Konnektom mit 10000 rewiring Randomisierung mit zufälligen Reziprozitäten verglichen. c) Das zyklische Motiv mit 10000 rewiring Randomisierung und Konstanthaltung reziproker Verbindungen. Die Häufigkeit des Motivs zeigt eine Tendenz zur signifikant häufigeren Vorkommen im unilateralen BS-Konnektom. d) 1000 rewiring Randomisierung mit Konstanthaltung reziproker Kanten (bilat. BS-Konnektom). e) 1000 rewiring Randomisierung generieren weniger reziproke Verbindungen als im bilateralen BS-Konnektom vorhanden.

### 3.3.12 Zyklenanalyse

Mit Hilfe der Zyklenanalyse (*CycleCount*) ist es möglich die Anzahl an möglichen Pfaden über eine bestimmte Anzahl von Regionen bzw. Zwischenstationen des BS-Konnektoms zu ermitteln, über welche die BS-Regionen zu sich selbst zurückprojizieren (Schleifen). In Tabelle 19 wurden die Häufigkeiten von Zyklen für die Zyklengrößen 1 bis 7 wiedergegeben. Eine Zyklusgröße von 1 sagt aus, dass es eine Verbindung innerhalb der Region gibt und 2 bedeutet, dass es eine Zwischenregion in der zyklischen Verbindung gibt bzw. 2 Kanten oder Verbindungen notwendig sind, um zurück zum Ausgangsgebiet zu gelangen. Die Anzahl der

2er Zyklen wird aus Kombinationen von Verbindungen über unterschiedliche Gebiete berechnet.

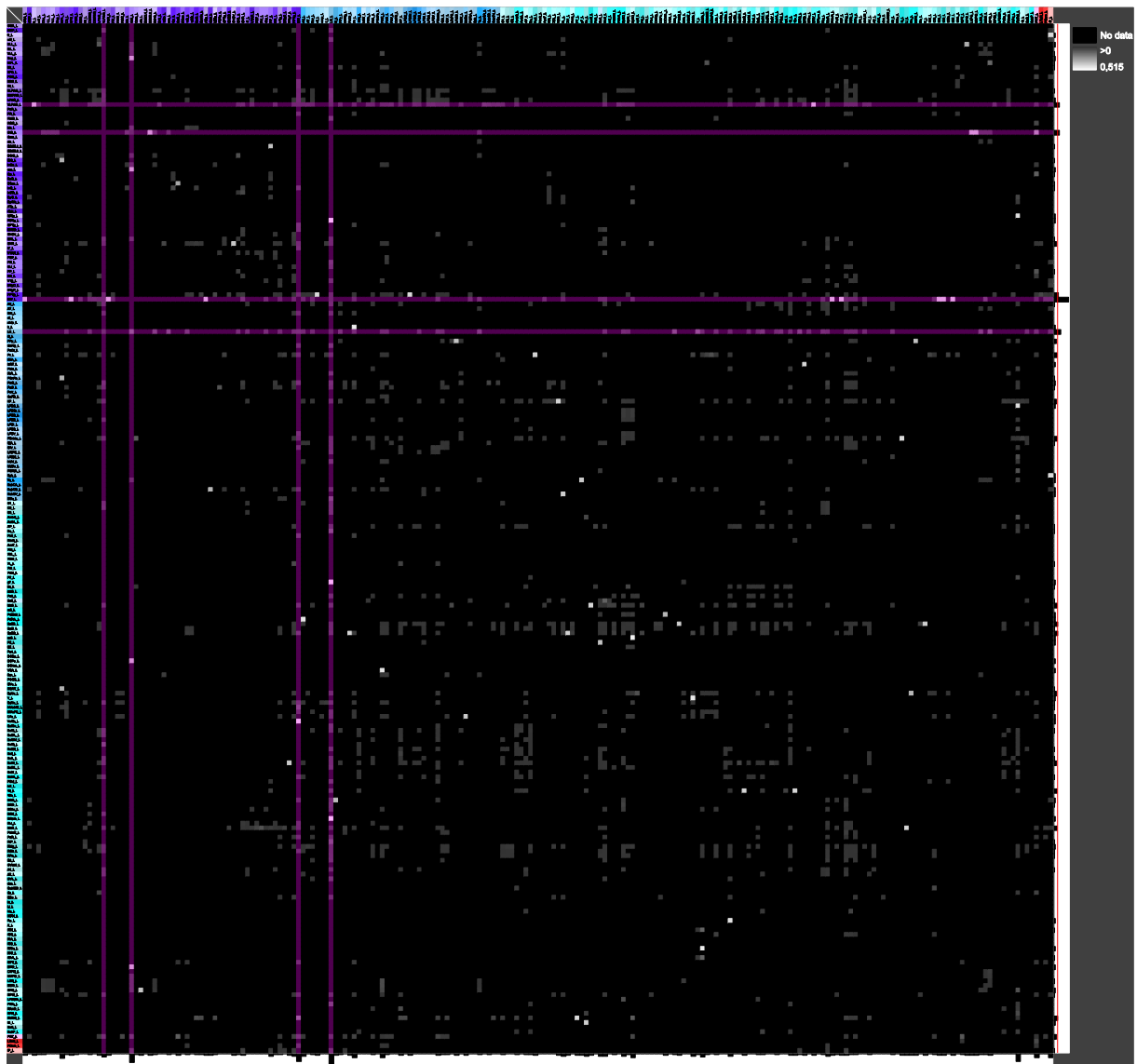
Die größte Zahl von 3er Zyklen weist LC (596) gefolgt von VLPAG (420), RMg (370) und PPTg (318) auf. Die Häufigkeiten für Zyklen nehmen stark mit zunehmender Zyklusgröße zu. Ist die Häufigkeit von Zyklen für eine Region besonders groß, so verlaufen besonders viele zyklische Verbindungen durch diese Region und damit scheint ihre Bedeutung für das BS-Konnektom größer zu sein als für Regionen mit weniger Zyklen. Beachtet werden sollte, dass die Anzahl von Verbindungen einer Region mit der Anzahl an Zyklen zusammenhängt. Würden derartige Regionen mit besonders großen Zykluszahlen aus dem Netzwerk entfernt werden, würde dies zu relativ starken Veränderungen der Netzwerkintegrität führen. Dieser Effekt wird im nachfolgenden Kapitel über die Vulnerabilität des BS-Netzwerkes genauer untersucht.

### **3.3.13 Vulnerabilitätsanalyse**

Wird eine Region und deren zugehörige Verbindungen aus dem Netzwerk entfernt, lässt sich die relative Zunahme (positive Werte) oder Abnahme (negative Werte) des mittleren Closeness-Parameters bestimmen. Closeness lässt sich als relative Nähe zwischen den Regionen interpretieren. Wenn die Closeness abnimmt, sind die Gebiete des Netzwerkes eher über größere Distanzen erreichbar. Sämtliche Vulnerabilitätswerte des unilateralen BS-Netzwerkes wurden in Tabelle 20 wiedergegeben. Die Closeness nimmt um maximal 5,51% ab, wenn EW entfernt wird, gefolgt von 4,36% bei Entfernung von LC und 3,04% bei Entfernung von CIC. Diese Regionen sind somit die drei wichtigsten für den mittleren Abstand bzw. die Erreichbarkeit aller BS-Regionen untereinander. Wird hingegen der sphenoid nucleus entfernt, so nimmt die mittlere Closeness zu (-0,5%), womit die Entfernung zwischen den Regionen etwas abnimmt oder die Regionen etwas dichter „zusammenrücken“. Dies bedeutet, dass diese Region einen relativ kleinen Grad hat und der mittlere graphentheoretische Abstand zu anderen Regionen relativ groß ist, da häufig Zwischenstationen notwendig sind, um beliebige andere Regionen zu erreichen.

Vereinzelte Gebiete, die nur eine Input oder eine Output Verbindung haben, besitzen niedrige Vulnerabilitätswerte. Es muss berücksichtigt werden, dass diese Vulnerabilitätswerte jedoch nur für die regionale Konnektivität im BS-Konnektom gelten und keine Aussagen über die Gesamtkonnektivität und Vulnerabilität der Region im Gesamtkonnektom erlauben. Die Bedeutung von Verbindungen wird in der edge significance matrix dargestellt (Abbildung 45). VLPAG, CIC, PPTg, EW und LC haben besonders große Output-Vulnerabilitäten (hervorgehobene Zeilen) und LC sowie CIC zusätzlich große Input-Vulnerabilitäten.

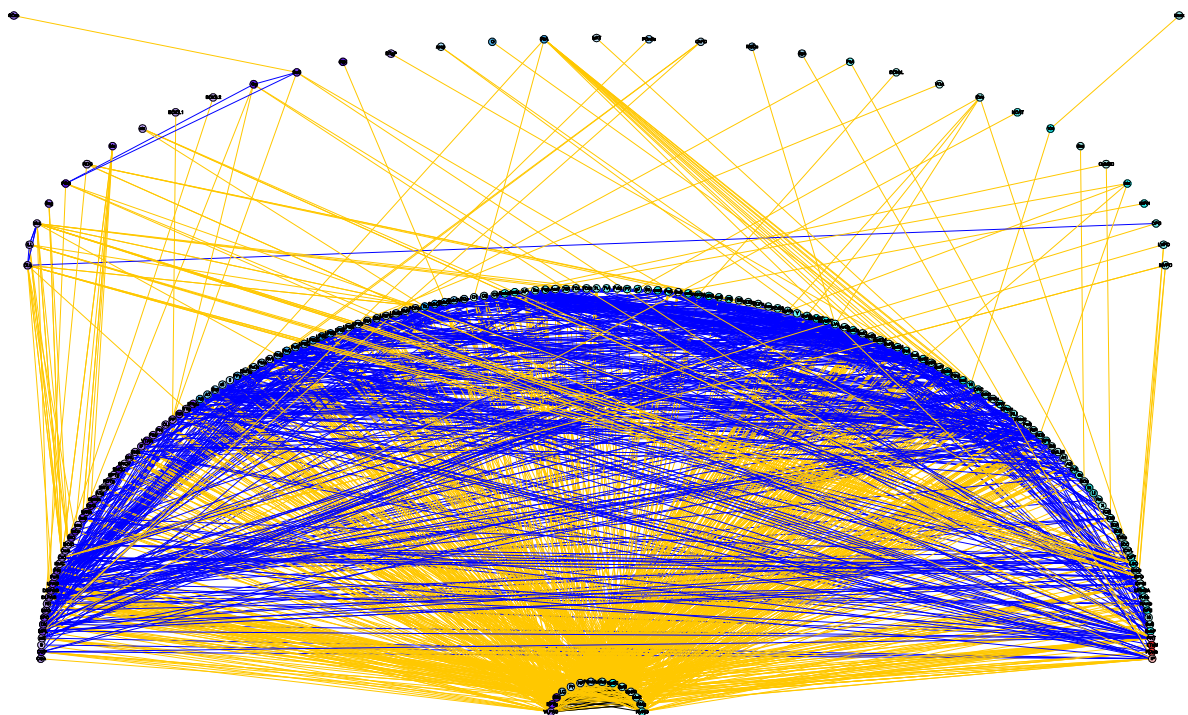




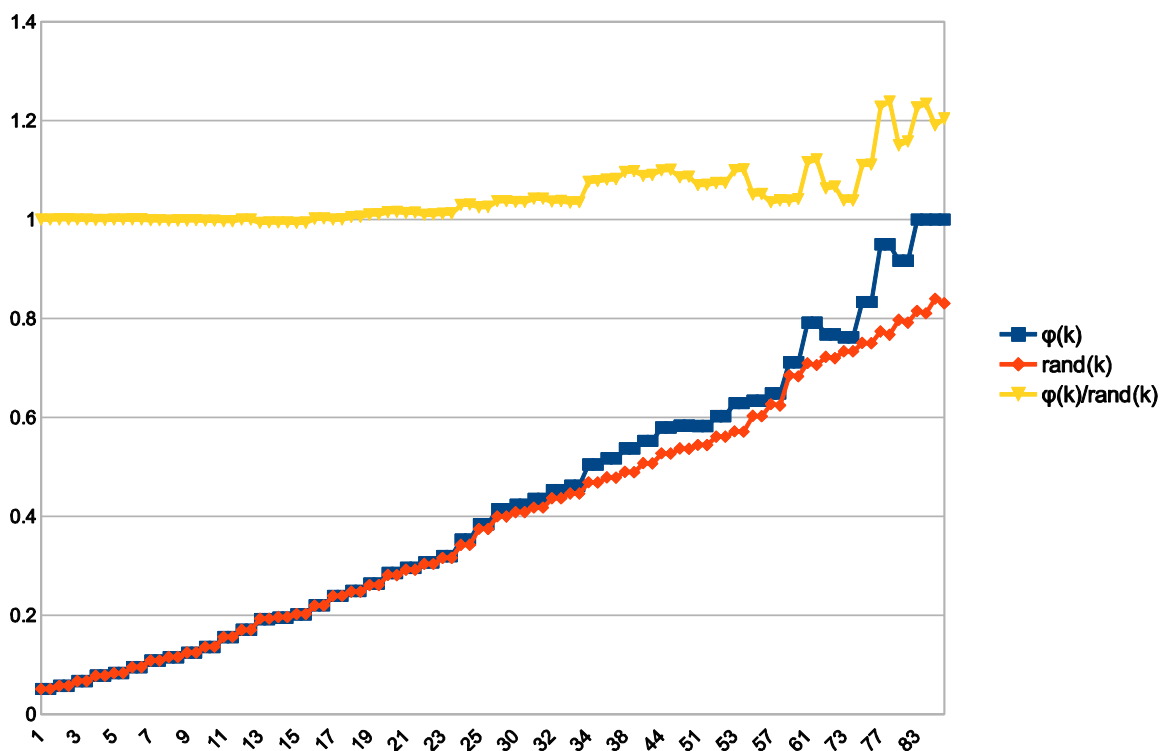
**Abbildung 45:** Die Vulnerabilität von Verbindungen des unilateralen BS-Konnektoms in Matrixdarstellung (edge significance matrix). Die rote Linie im Zeilen-Matrix-Histogramm zeigt einen Schwellwert mit violetter Hervorhebung der Regionen, die eine erhöhte Vulnerabilität aufweisen (VLPAG, CIC, PPTg, EW, LC).

### 3.3.14 Rich-club Analyse

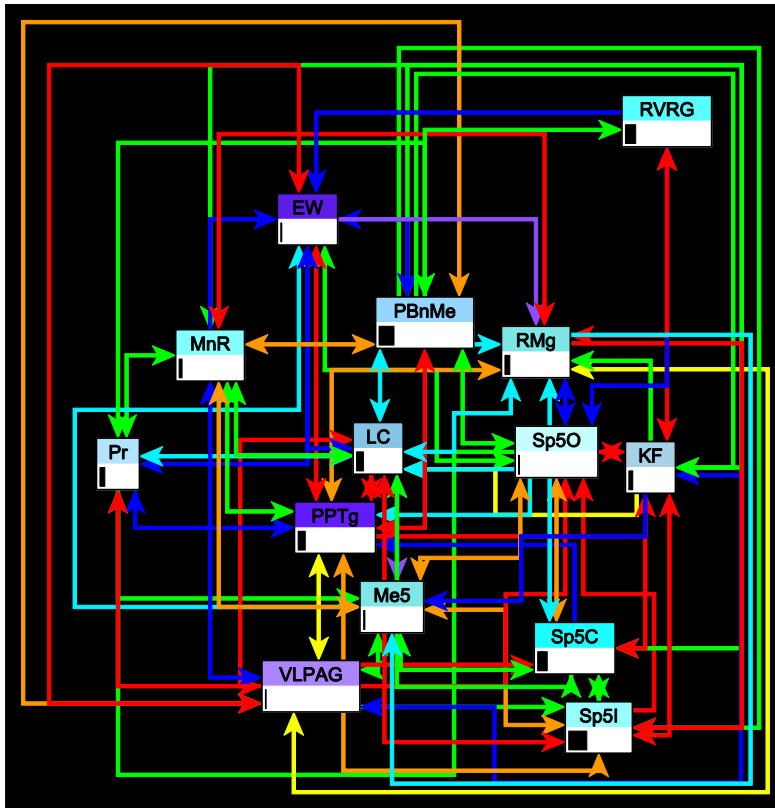
Regionen die zur Rich-Club Menge gehören, haben besonders zahlreiche Verbindungen, im Vergleich zu Regionen der nicht-Rich-Club Menge. Der Rich-Club Koeffizient  $\phi$  wird für alle im Konnektom vorhandenen Anzahlen von Verbindungen  $k$  (Grad eines Knotens) berechnet. Hierzu wird die Anzahl von existierenden Verbindungen durch die Anzahl von maximal möglichen Konnektivitäten mit genau solchen Regionen, die mehr Verbindungen bzw. ein größeres  $k$  haben, geteilt (McAuley et al. 2007). Hiermit lässt sich feststellen, welche Regionen mit besonders vielen Verbindungen untereinander und im Verhältnis zu nicht-Rich-Club Regionen verbunden sind (Abbildung 46). Eine größere Differenz von  $\phi$  zwischen  $k=61$  und  $k=59$  zeigt sich in einer Abweichung der  $\phi(k)$  und  $\text{rand}(k)$  Kurven (Abbildung 47). Folgende 14 Regionen besitzen mindestens 59 Verbindungen und gehören zum Rich-Club (Reihenfolge entspricht  $k$ -Rangfolge): Locus coeruleus, Ventrolateral periaqueductal gray, Raphe magnus nucleus, Edinger Westphal nucleus, Pedunculo pontine tegmental nucleus, Spinal trigeminal nucleus caudal part, Koelliker Fuse nucleus, Median raphe nucleus, Parabrachial nucleus medial, Rostral ventral respiratory group, Prepositus nucleus, Mesencephalic trigeminal nucleus, Spinal trigeminal nucleus interpolar part, Spinal trigeminal nucleus oral part. Diese 14 Regionen wurden im planaren Netzwerkdiagramm mit Verbindungsgewichten und dem lokalen Parameter Verbindungsanzahlen (Degree All) mittels einem Bus Router Layout visualisiert (Abbildung 48). Ferner wurde eine Modularitätsanalyse durchgeführt unter Berücksichtigung von Verbindungsrichtungen und Verbindungsgewichten. Mesenzephalare Regionen wurden zusammen mit LC einem Modul zugeordnet (Abbildung 46).



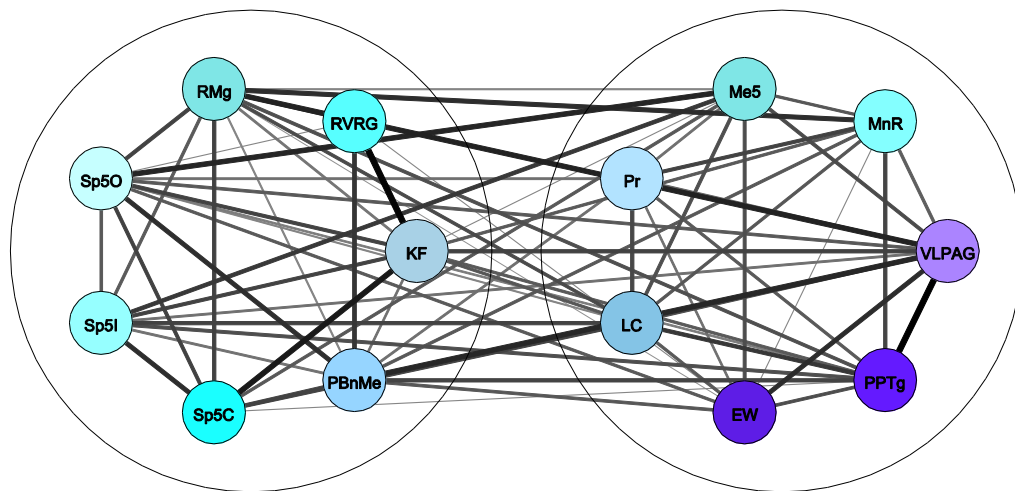
**Abbildung 46:** Die 14 Rich-Club-Regionen sind im unteren Bogen angeordnet und intensiv untereinander verbunden (schwarze Linien, werden bei stärkerer Vergrößerung sichtbar). Die anderen BS-Regionen, die direkte Verbindungen von Rich-Club-Regionen erhalten sind im zweiten Bogen dargestellt. Im dritten Bogen folgen die Regionen, die direkte Verbindungen zu den verbliebenen BS-Regionen haben. Im vierten Bogen kommen nur noch 2 Regionen vor. Verbindungen zwischen Regionen innerhalb eines Bogens sind blau dargestellt.



**Abbildung 47:** Diagramm von Gradverteilungen  $\phi(k)$ ,  $\text{rand}(k)$  und dem entsprechenden Quotienten. Bei  $k=59$  liegt ein erster Unterschied zwischen  $\phi(k)$  und  $\text{rand}(k)$  vor, so dass dieser Schwellwert für die Filterung der Rich-Club-Regionen gewählt wurde.



**Abbildung 48:** Planare Netzwerkvisualisierung der Rich-Club Regionen. Die gewichteten farbkodierten Verbindungen sind mit dem Bus Router Layout Algorithmus visualisiert worden.



**Abbildung 49:** Die Modularitätsanalyse der Rich-Club Regionen des unilateralen BS-Konnektoms mit Berücksichtigung von gerichteten und gewichteten Verbindungen ergibt 2 Module. Die Wichtungen wurden mit Grautönen kodiert (schwarz Maximales mittleres Gewicht). Mesencephale Regionen (violett) wurden in einem Modul zusammengefasst.

### 3.3.15 Hauptkomponentenanalyse lokaler Parameter

Die *Principal-component-analysis* (Hauptkomponentenanalyse, PCA) erlaubt, mittels Auswahl lokaler Parameter, Verbindungsmuster von Regionen in Relation zu anderen Regionen des BS-Konnektoms zu analysieren. In den mehrdimensionalen Daten der ausgewählten lokalen Parameter werden die Hauptrichtungen bzw. Hauptkomponenten bestimmt, in denen die Punktwolke der Daten die größten Ausdehnungen hat. Die zwei dominierenden Richtungen werden dann in zwei Dimensionen dargestellt. Hiermit ist es möglich einzelne Regionen und deren konnektionale Relation zu anderen Regionen des BS-Konnektoms zu charakterisieren (Echtermeyer et al., 2011). Das Ergebnis der Hauptkomponentenanalyse wurde derart visualisiert, dass die Nachbarknoten ersten (Gebiete, die direkt mit einer ausgewählten Region verbunden sind) und zweiten Grades (Gebiete, die nicht direkt mit einer ausgewählten Region verbunden sind) hervorgehoben werden können und ihre konnektionalen Beziehungen sichtbar werden. Als sechs lokale Parameter bzw. Komponenten wurden ausgewählt: Gesamtzahl vorhandener Konnektivitäten ( $DG_{ALL}$ ), mittlerer Nachbarschaftsgrad ( $AvgDG_{nb}$ ), Gesamtclusterkoeffizient ( $CluC_{All}$ ), Clusterkoeffizient der zweiten oder indirekten Nachbarn ( $CluC_2$ ), Variationskoeffizient der Nachbarstufe ( $VC_{DG}$ ) und der Lokalisationsindex ( $Loc$ ). Die Größen der Parameter und dessen Anteil an den Komponenten ist für sechs Dimensionen in der Parametertabelle aufgeführt (Abbildung 50). Die Verteilung der Gebiete hinsichtlich der beiden Hauptkomponenten in der PCA-Ebene wird in Abbildung 50 gezeigt. Die zwei Komponenten-Achsen werden durch die Werte der ersten und zweiten Zeile der Tabelle in Abbildung 50 bestimmt. In der ersten Zeile der Parametertabelle sind die Werte der x-Achse aufgeführt und die y-Achse wird durch die Werte der zweiten Achse repräsentiert. Somit dienen die in den Zeilen aufgeführten Werte als Faktoren für die Berechnung, der zur graphischen Darstellung notwendigen Zahlenwerte.

Der  $DG_{ALL}$ -Wert ist die Summe aus Afferenzen und Efferenzen einer Region. Der average neighbor degree ( $AvgDG_{nb}$ ) entspricht der durchschnittlichen Anzahl an Nachbarknoten.

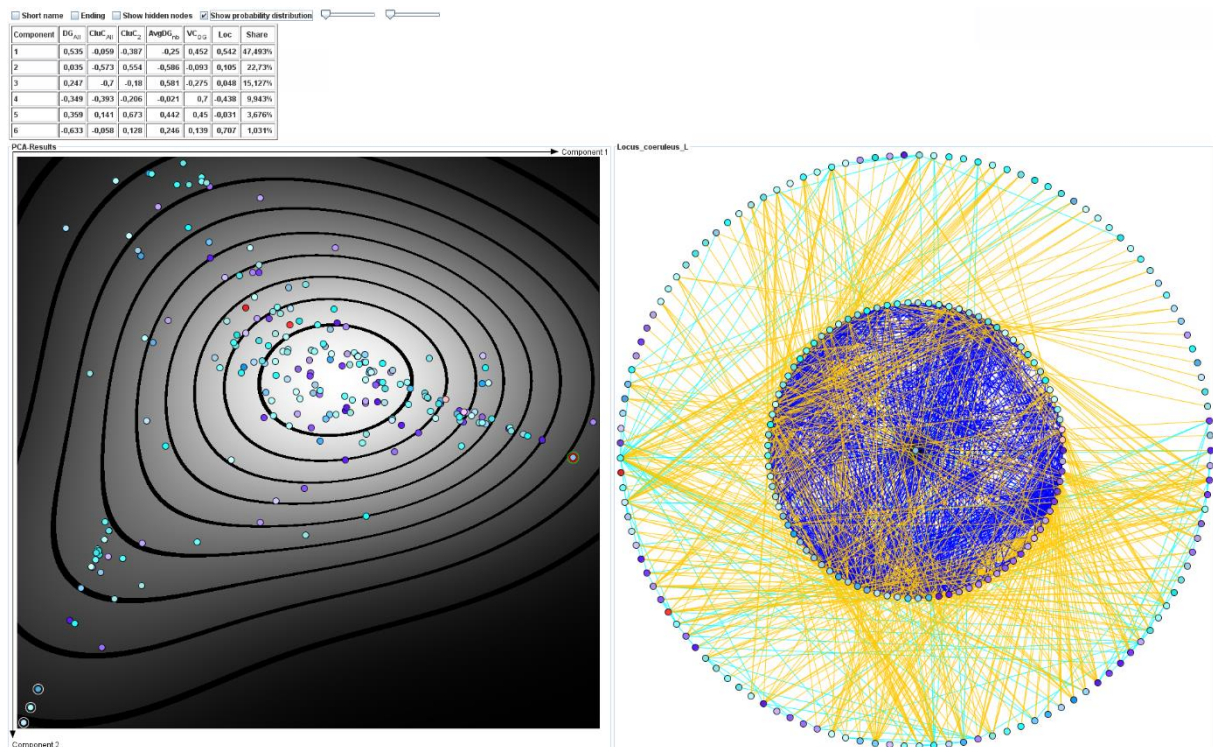
Wird die Anzahl der Kanten zwischen allen Nachbarn und der maximal möglichen Anzahl von Verbindungen zwischen denselben Nachbarn geteilt, dann ist der Gesamtclusterkoeffizient ( $CluC_{All}$ ) berechnet. Hieraus lässt sich der Clusterkoeffizient von indirekten oder zweiten Nachbarn ( $CluC_2$ ) ableiten, welcher der Quotient der Anzahl der Kanten zwischen allen Nachbarn zweiten Grades und der maximal möglichen Anzahl ist. Der Lokalisationsindex ( $Loc$ ) ergibt sich aus der Anzahl der Kanten im Subgraphen des Referenzknotens und dessen direkten Nachbarn dividiert durch die Anzahl aller, zu diesen Subgraphen führenden Kanten ( $Loc(i) = Nint(i) / [Nint(i) + Next(i)]$ ),  $Nint$ : Anzahl der Kanten zwischen den ersten Nachbarn plus

Anzahl der Kanten zwischen ersten Nachbarn und dem Referenzknoten, Next: Anzahl der Kanten von ersten und zweiten Nachbarn) (da Fortuna Costa et al., 2009). Der relative Anteil einer Komponente an der Gesamtinformation gibt der Share-Wert wieder. Für die Komponente 1 beträgt der Share-Wert  $\approx 47,49\%$ . Die Werte der Parameter geben den Beitrag an, den der Parameter zu der entsprechenden Komponente hat (Faktor mit dem der Parameter multipliziert wird).

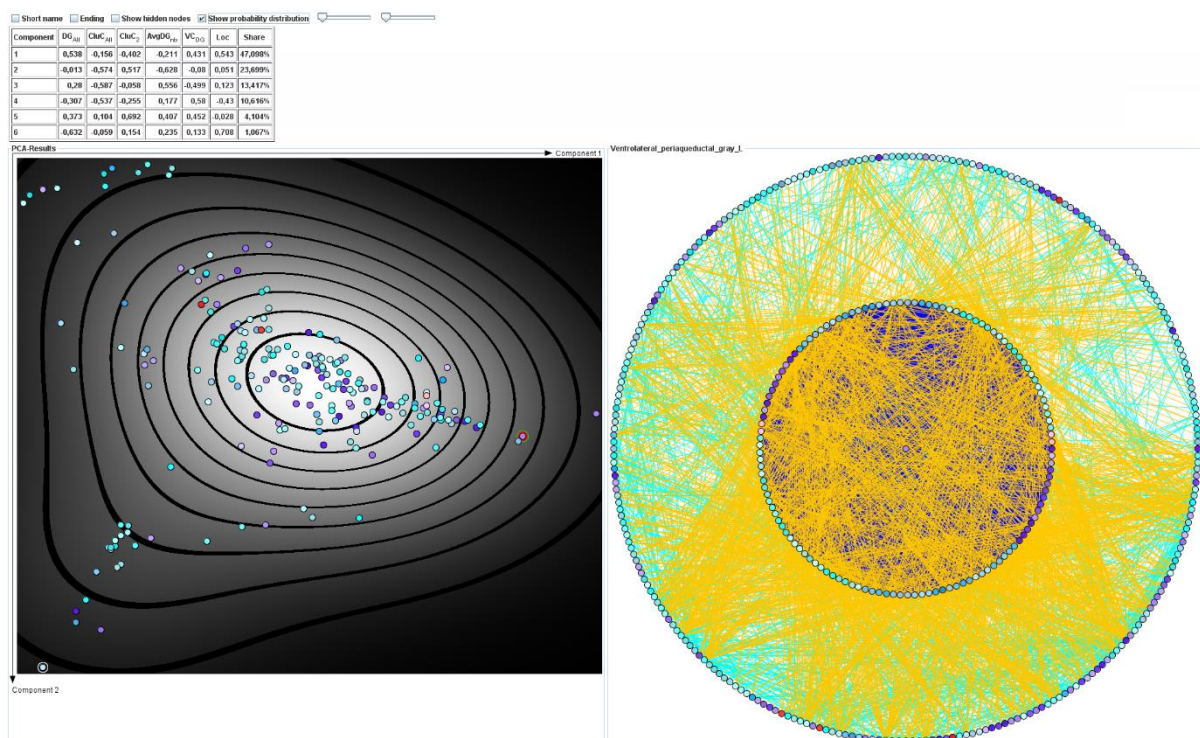
In Abbildung 50 wurde mittels unterschiedlicher Graustufen die Dichte von Regionen in der PCA-Ebene kodiert. Hellgraue Bereiche zeigen eine größere Dichte an benachbart liegenden Regionen des BS-Konnektoms an. Im Gegensatz dazu ist der Anteil an Regionen in dunkleren Bereichen geringer.

LC besitzt die meisten Verbindungen (123) im unilateralen BS-Konnektom (Abbildung 50) und hat eine besonders große erste Komponente in der PCA (CIC hat noch eine leicht größere erste Komponente). LC ist daher auch direkt mit relativ vielen anderen BS-Regionen verbunden aber verfügt noch über 128 indirekte Verbindungen zu indirekten Nachbarn (Gebiete, die nur über eine Zwischenstation erreicht werden können). Regionen mit ähnlichen Eigenschaften, die in der Nähe von LC in der PCA-Ebene liegen, sind VLPAG, Sp5c, KF, RMg, PPTg, Solm u.a.. Gebiete mit geringer Konnektivität liegen im linken unteren Bereich der PCA-Ebene (Isthmic reticular formation, Dorsal cochlear nucleus superficial layer, Nucleus O u.a.). Die hier nicht abgebildete PCA-Analyse von gewichteten Verbindungen ergibt eine vergleichbare Beziehung der Regionen in der PCA-Ebene, aber eine leichte Stauchung der zweiten Komponente, so dass die konzentrischen Ringe eher elliptische Form haben. Wird eine ungewichtete bilaterale BS-Konnektom PCA durchgeführt, kommt es nur zu geringen Unterschieden in der Verteilung der Regionen (Abbildung 51).





**Abbildung 50:** Graphische Visualisierung der Principal-component-analysis des unilateralen BS-Konnektoms. Die x-Achse zeigt von links nach rechts ansteigende Werte. Auf der y-Achse werden von oben nach unten ansteigende Werte wiedergegeben. Dargestellt wurde die Grauwert-kodierte PCA-Ebene mit Achsenbezeichnungen von Komponente 1 und 2. Im Kreisdiagramm ist das Verhältnis von Gebietsparametern zu LC (Kreis in der Mitte) dargestellt. Die Tabelle gibt die 6 lokalen Parameter bzw. Dimensionen und deren Anteil an der Bildung der ersten und zweiten Hauptkomponente wieder.



**Abbildung 51:** PCA des bilateralen BS-Konnektoms. Hervorgehoben wurde VLPAG mit relativ großer erster Komponente im Zentrum der Kreisdarstellung.

### 3.3.16 Metrische Multidimensionale Skalierung

Die Unterschiede der Verbindungsmuster von Regionen des BS-Konnektoms können außer der PCA auch mit der metrischen multidimensionalen Skalierung (MDS) berechnet und dargestellt werden. Ist der Unterschied der Verbindungen von zwei Regionen klein oder die Ähnlichkeit groß, werden sie durch die MDS-Methode dicht zusammen im MDS-Diagramm positioniert (Abbildung 52). Mehrere Gebiete mit zahlreichen Verbindungen und großen Bedeutungsständen liegen im unteren linken Quadranten: LC, RMg, PPTg, MnR, und EW. Allerdings liegen diese Gebiete relativ weit voneinander entfernt in demselben Quadranten. VLPAG, KF und ROB liegen in dem oberen rechten Quadranten ebenfalls relativ weit entfernt voneinander. Im unteren rechten Quadranten und auf der Grenze zum oberen rechten Quadranten liegt der Hauptteil der BS-Konnektom Regionen.

Die Unterregionen von Sol sind eher im oberen rechten Quadranten positioniert worden. Gigantocelluläre und pontine Gebiete sind hingegen im unteren rechten Quadranten anzutreffen und scheinen damit auch eher eine ähnliche konnektionale Beziehung zu haben.

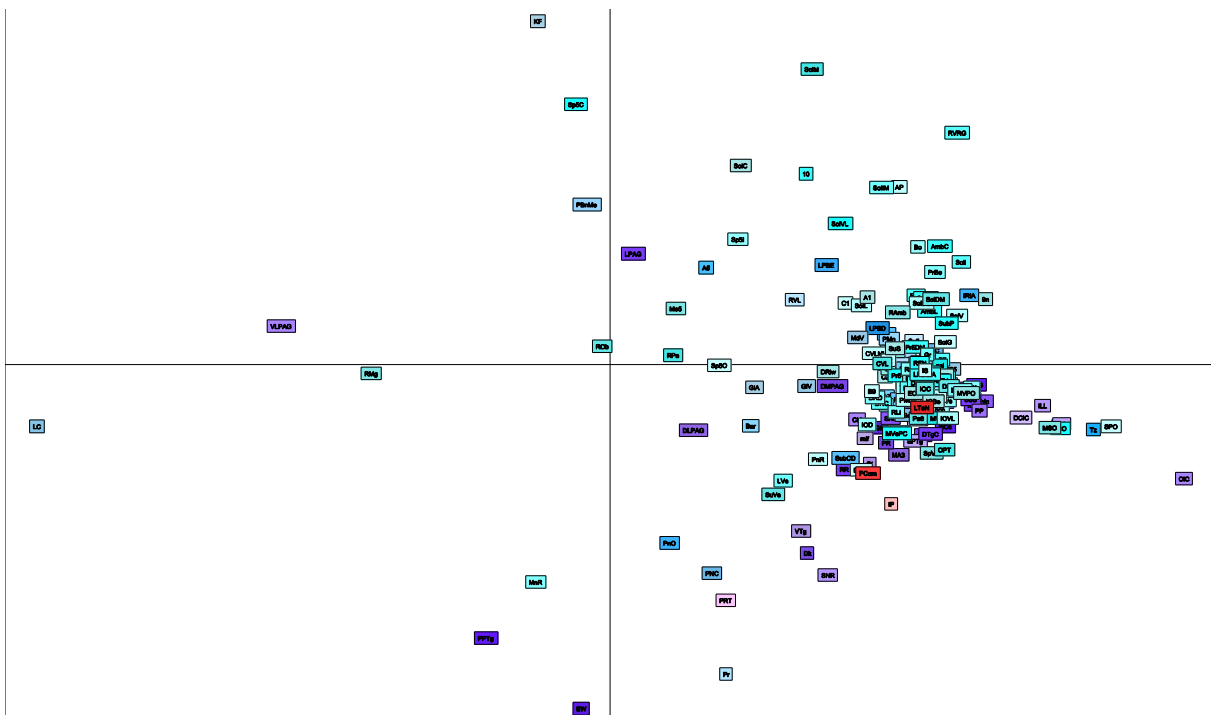


Abbildung 52: MDS-Diagramm des unilateralen BS-Konnektoms.



### **3.3.17 Selbstorganisierende Karte (SOM)**

Selbstorganisierende Karten (Kohonenkarten) sind eine Klasse von künstlichen neuronalen Netzen, die unüberwachte Lernverfahren nutzen, um multidimensionale Daten auf planaren Strukturen abzubilden. Hier wurde die binäre Adjazenzmatrix des BS-Konnektoms verwendet und bezüglich der Ähnlichkeiten von Output-Verbindungen die Relationen der Regionen zueinander bestimmt. Regionen, die Ähnlichkeiten hinsichtlich ihrer Output-Verbindungen aufweisen, werden im Ergebnisdiagramm dichter zueinander positioniert als zu anderen Regionen (Abbildung 53, Abbildung 54). Genauere Ergebnisse ergibt das Verfahren, wenn mehr Iterationen verwendet werden. Hier wurden einmal 100 und in einem weiteren Durchlauf 1000 Iterationen verwendet. Nach 1000 Iterationen lassen sich einige Gruppierungen von Regionen erkennen, die ähnliche Verbindungs Output-Muster aufweisen: 2 Gruppen von Sol-Regionen, eine Sp5 Gruppe, eine PAG-Gruppe und die catecholamine-Gruppe.

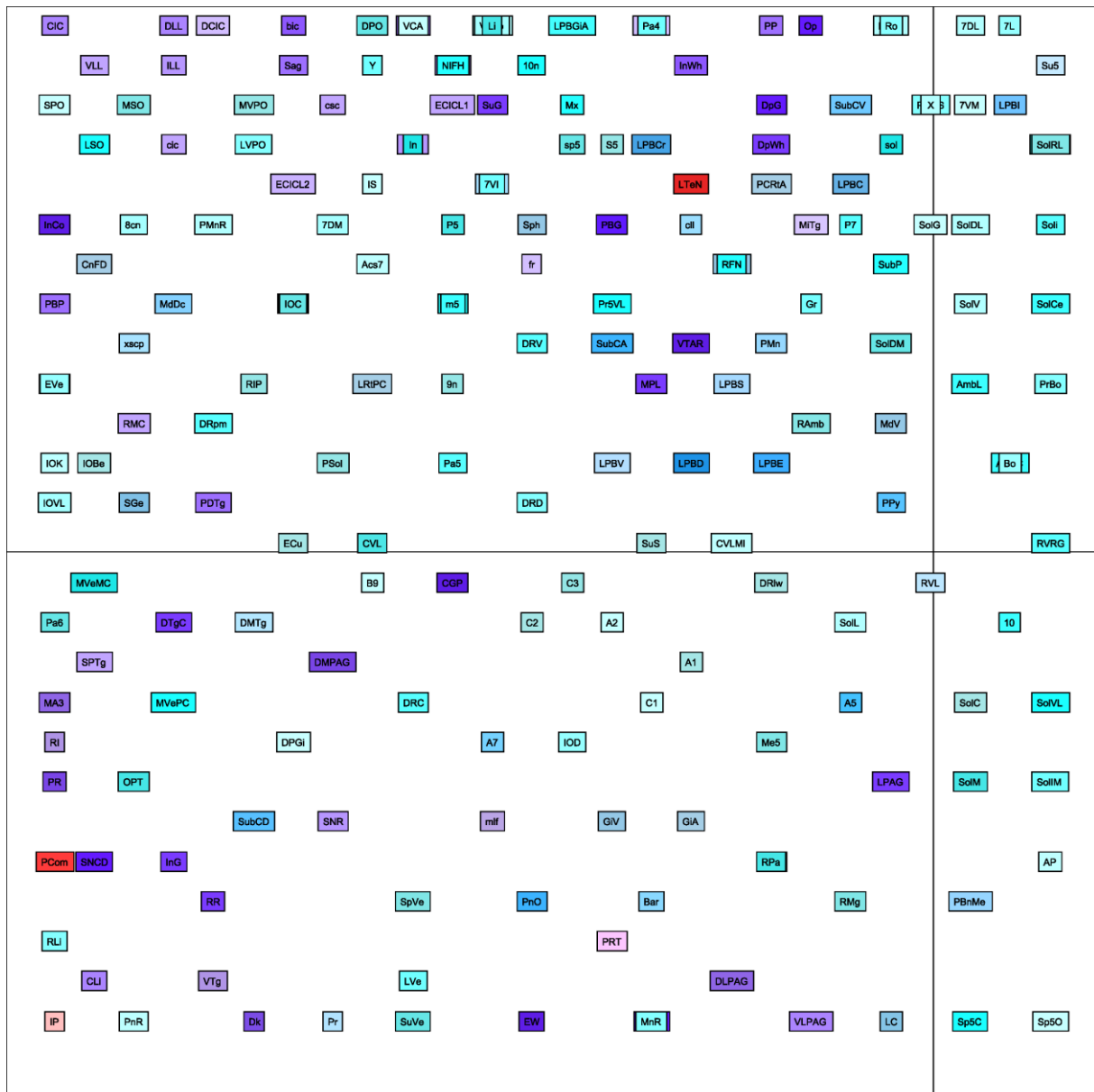
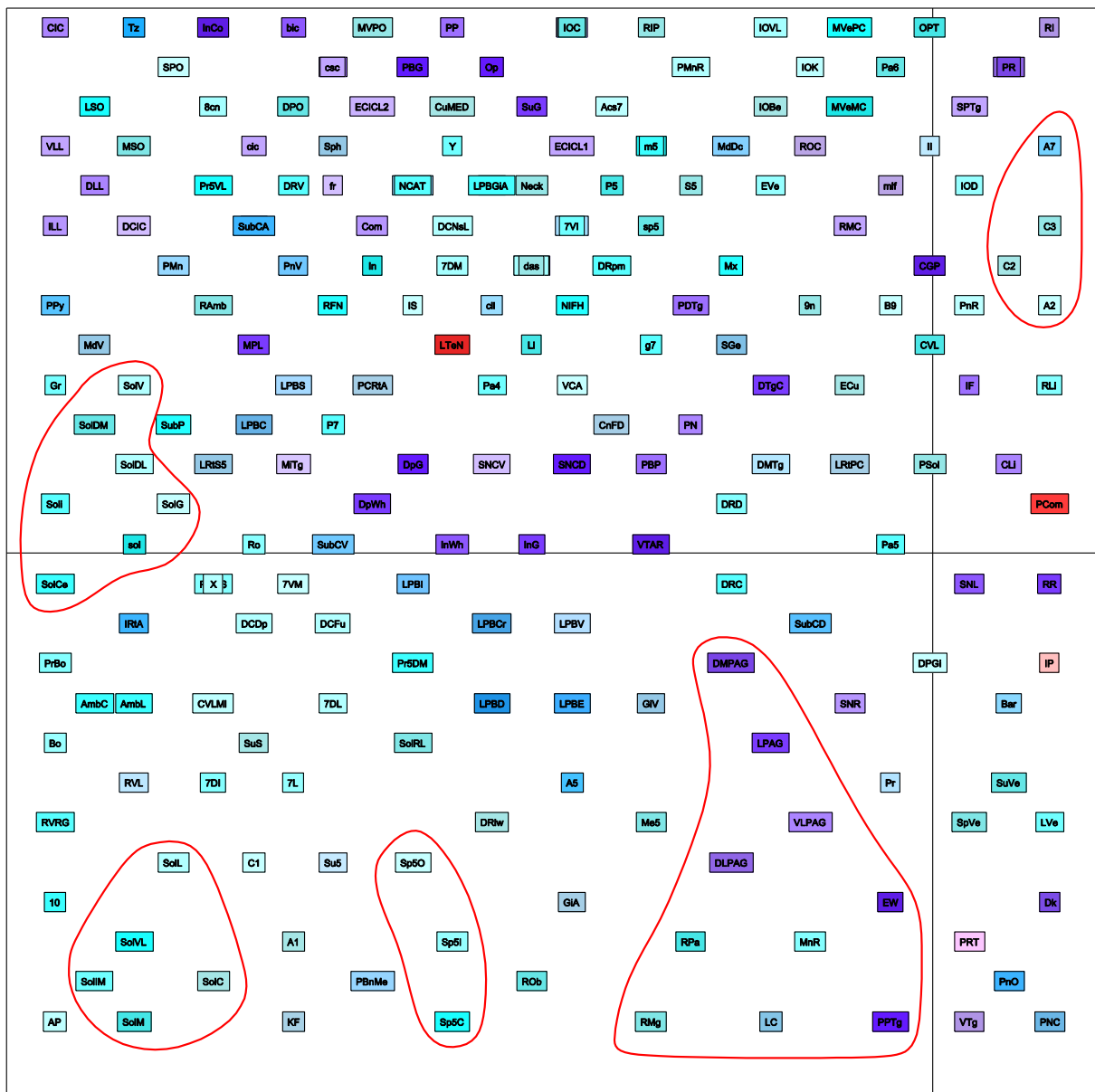


Abbildung 53: Selbstorganisierende Karte des unilateralen BS-Konnektoms (100 Iterationen).



**Abbildung 54:** Selbstorganisierende Karte des unilateralen BS-Konnektom nach 1000 Iterationen. 5 Gruppen von Regionen wurden markiert, die größere Output Verbindungsähnlichkeiten aufweisen oder zu den Rich-Club Regionen gehören.

### 3.3.18 Extrinsische Konnektivität

Die BS-Regionen lassen sich bezüglich ihrer intrinsischen Konnektivität charakterisieren, was in Tabelle 21 zusammengefasst wurde. Der Spinal trigeminal nucleus caudal part mit 220 intrinsischen Output Verbindungen, besitzt die meisten intrinsischen Efferenzen. Ein Maximum von 5 Verbindungen hat den Facial nucleus lateral subnucleus zum Ziel. Dagegen erhält der Spinal trigeminal nucleus caudal part lediglich 53 Afferenzen mit einem Maximum von 5 Verbindungen von dem Ventrolateralen periaqueductal gray. Der Locus coeruleus nimmt den dritten Rang bezüglich der intrinsischen Efferenzen mit 93 Verbindungen ein. Die meisten Verbindungen ziehen zum Lateral vestibular nucleus. Er erhält ein Maximum an Afferenzen

von 177, von denen die meisten aus dem VLPAG (13) stammen. VLPAG nimmt den 2. Rang hinsichtlich der Efferenzen ein. Die meisten Afferenzen (48) stammen aus dem Nucleus of the solitary tract gelatinous part (4).

Verbindungen, die in das BS-Konnektom hineinziehen (Afferenzen) oder hinausziehen (Efferenzen) und Regionen verbinden, die keine Blätter des BS-Konnektoms sind, werden als extrinsische Regionen mit extrinsischen Verbindungen bezeichnet. Das extrinsische Konnektom besteht aus 16921 Verbindungen von denen 2344 reziprok sind.

In Tabelle 22 wurden die allgemeinen extrinsischen Konnektivitäten zusammengefasst und bezüglich der Input- und Output-Verbindungen absteigend sortiert. Der Locus coeruleus hat mit 1930 ipsi- und kontralateralen Output-Verbindungen den umfangreichsten extrinsischen Output gefolgt von A5 (1919), PPtg (885) und RMg (880). VLPAG erhält mit 964 Verbindungen den umfangreichsten Input, dann folgt PAGL (901), Solm (607) und schließlich LC (581), um nur die Regionen mit den meisten Afferenzen aufzuführen.

Die lokalen extrinsischen Efferenzen und Afferenzen des BS-Konnektoms wurden aus dem Gesamtkonnektom gefiltert (allgemeine extrinsische Konnektivität). Anschließend wurden die extrinsischen Gebiete mit besonders vielen Efferenzen und Afferenzen der BS-Regionen gefiltert. Hierauf folgte eine abschließende Filterung, nach welcher nur noch extrinsische Regionen auf einer Hierarchieebene ( $\leq 11$ ) in Kombination mit der Summe ( $\geq 10$ ) von Efferenzen und Afferenzen verblieben, um intensiver verbundene Regionen (je mehr Verbindungen, desto größer die Bedeutung im Netzwerk) auf einer Hierarchieebene mit einer geringeren Anzahl von Regionen zusammenzufassen. Nach dieser Vorverarbeitung verbleiben 616 Gebiete mit 36533 Verbindungen im intrinsischen und extrinsischen Netzwerk.

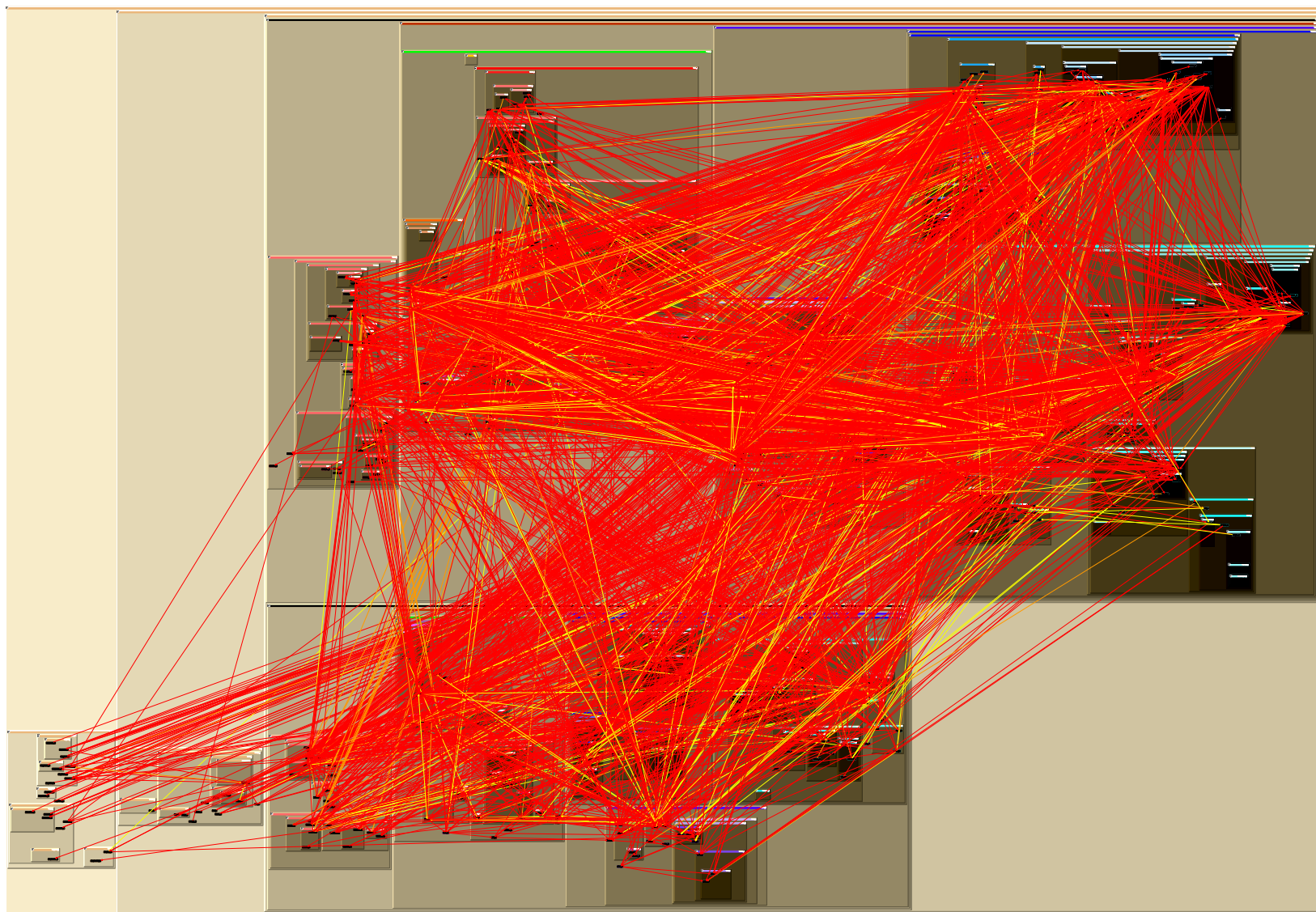
Zunächst wurden die BS-Konnektom Gebiete in Tabelle 23 hinsichtlich ihrer mittleren Ränge lokaler Parameter sortiert. ROb hat den höchsten Rang im intrinsischen BS-Konnektom und erhält 2 Verbindungen von RVLm. RMg folgt bezüglich des durchschnittlichen Ranges und erhält 4 Verbindungen von MPO. LC erhält 10 Verbindungen sowohl von Pa als auch von MPA und SP5C erhält 10 Afferenzen von 5Gn. Ein Maximum von 18 Afferenzen erhält IP von MHb, desweiteren 15 Verbindungen von LHb und 13 von NI (Abbildung 55). Nach absteigender Sortierung der ersten Output-Kantenspalte ergibt sich, dass SNR ein Maximum von 23 Efferenzen zum CPu entsendet. SP5C projiziert mit 15 Efferenzen nach 7i und mit 15 Efferenzen zu 7M. 11 LC Projektionen verlaufen zum Thalamus und 10 zum frontalen Assoziations-Kortex (FrA). Zu den extrinsischen Gebieten wurden auch diverse Bereiche des peripheren Nervensystems und der Rexed-Schichten des Rückenmarkes den BS-Regionen zugeordnet (Abbildung 56). Nur die 320 stark gewichteten Verbindungen

79



**Abbildung 56:** Mittlere Verbindungs-Gewichte von kumulierten Verbindungen der intrinsichen und extrinsichen Konnektivität des unilateralen BS-Konnektoms. Die intrinsichen Gebiete liegen im violett markierten Bereich.





**Abbildung 57:** Extrinsische und intrinsische Konnektivität des unilateralen BS-Konnektoms mit gefilterten Verbindungen (Gewichte 3, 4) kumulierter Kanten. Die Kanten mit Gewichten  $<3$  wurden entfernt und die Regionen wurden zusammengefasst auf kleinere Hierarchieebenen.

### 3.4 Das bilaterale BS-Konnektom

Das bilaterale BS-Konnektom besteht aus 444 Regionen 1780 links- und 1780 rechtshemisphärischen ipsilateralen Verbindungen sowie 1692 kontralateralen Verbindungen. Weitere 273 Verbindungen sind als axonale Kollateralen beschrieben worden und im Hirnstamm-Konnektom verfügbar. 832 Verbindungen sind reziprok und die mittlere Pfadlänge beträgt 2,85, der mittlere Clusterkoeffizient ist 0,322 und die Small-Worldness von 11,22 weist auf eine spezielle Netzwerkstruktur hin. Das Netzwerk ist relativ schwach besetzt mit einer Liniendichte von 2,7%. Der Vergleich von allen globalen Parametern ergab einen kleinsten relativen Unterschied vom realen bilateralen BS-Konnektom mit dem Watts-Strogatz Zufallsnetzwerk (Abbildung 58). Werden jedoch Unterschiede der reziproken Verbindungen, der mittleren Pfadlänge, des Cluster-Koeffizienten und der Small-Worldness verglichen, so weist das rewiring Model mit Konstanthaltung reziproker Kanten den geringsten Unterschied im Vergleich mit dem realen bilateralen BS-Konnektom auf.

Die gewichtete Modularitätsanalyse für gerichtete und ungerichtete Verbindungen des bilateralen BS-Konnektoms ergab eine asymmetrische Gebietsverteilung hinsichtlich der Hemisphären (Abbildung 59). Die asymmetrische Zuordnung von Gebieten in nicht rein links- und rechtshemisphärische Module kann als Hinweis auf eine funktionelle Modularität dienen und bedarf weiterer Untersuchungen.

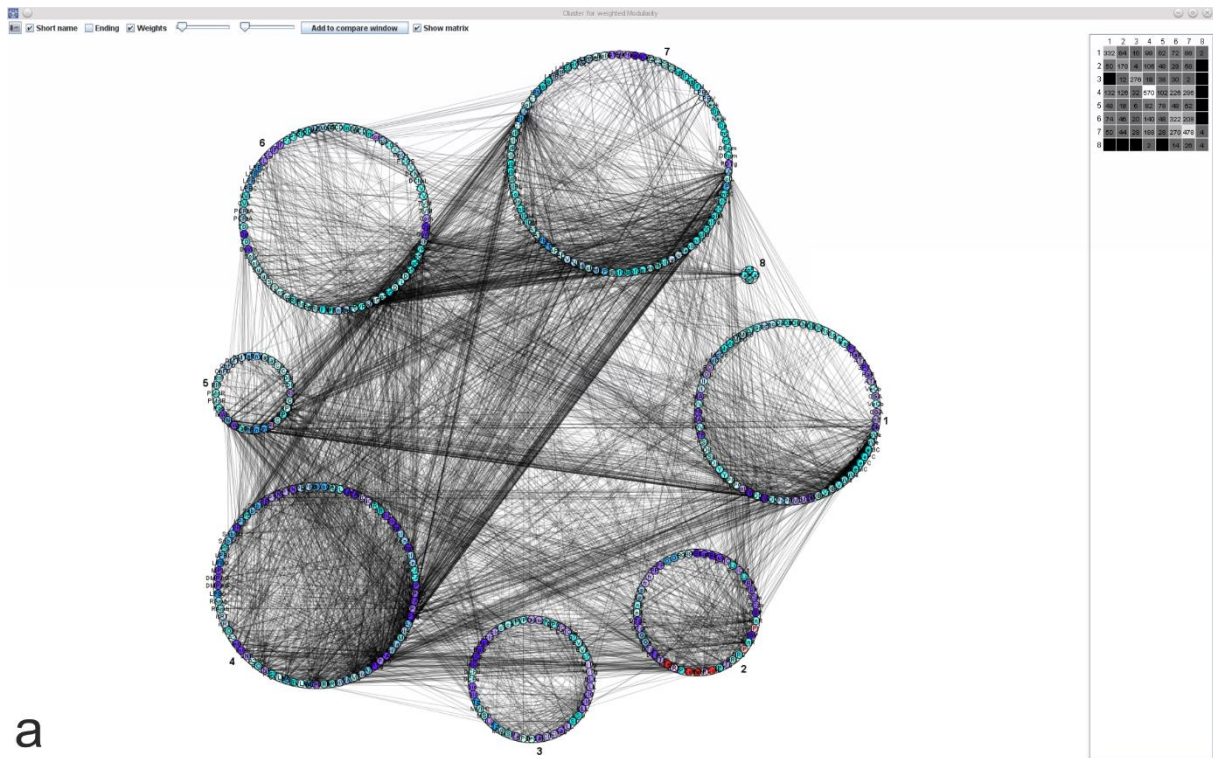
Mit Hilfe der lokalen Netzwerkanalyse wird der Lateralitätsparameter für jede Region berechnet. Liegt der Wert unter 0,5 überwiegen kontralaterale Verbindungen. Die intermediate white layer of the superior colliculus, dorsal tegmental nucleus pericentral part und der supragenual nucleus haben mehr kontralaterale Verbindungen als ipsilaterale Verbindungen. Die meisten Gebiete haben entweder mehr ipsilaterale als kontralaterale Verbindungen oder ein ausgewogenes Verhältnis.

Den höchsten mittleren Rang über allen lokalen Parametern im bilateralen BS-Konnektom hat RMg (98,42), dann ROb (98,65) und MnR (100,9). Im ipsilateralen Konnektom betrug der Parameter für ROb (39,21), RMg (40,73) und MnR (42,79), also sind lediglich RMg und ROb hinsichtlich ihres Ranges und damit bezüglich ihrer Bedeutung für das Netzwerk vertauscht.

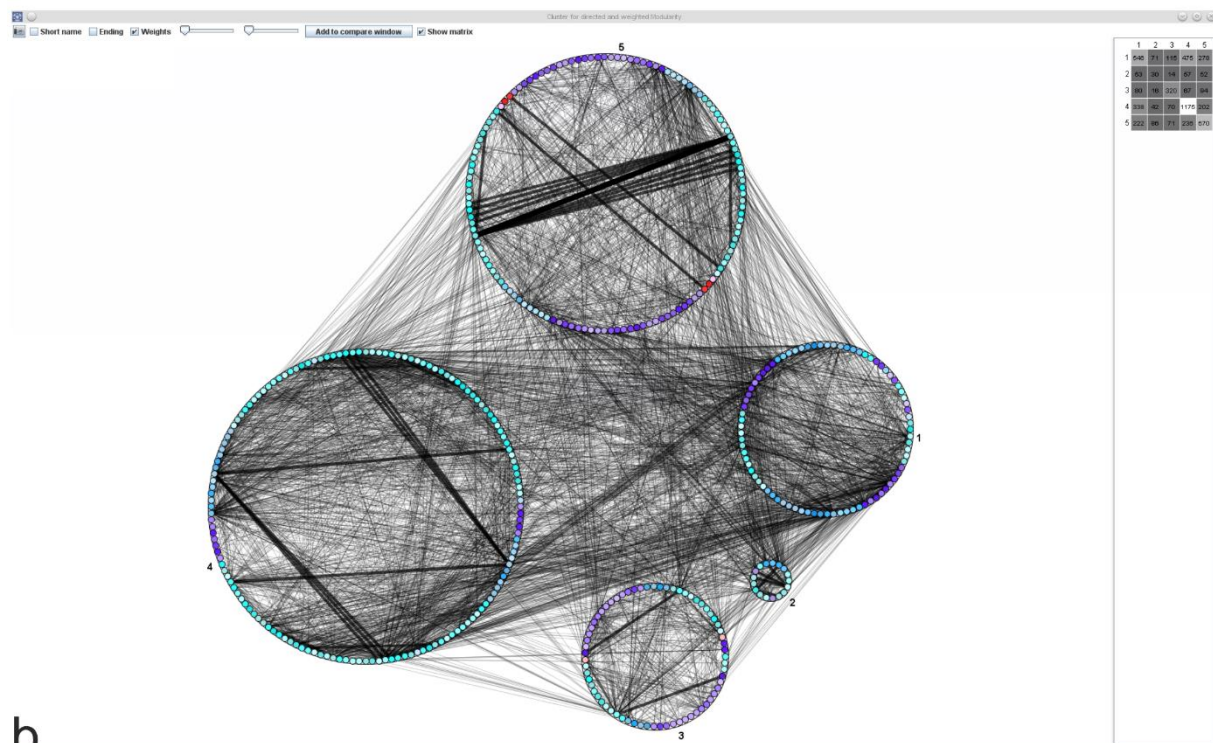
Global parameters													
Nodes	Edges	Self-references	Ipsilateral_L	Ipsilateral_R	Contralateral	Avg_DO	Line density	Cy	CyC	Aug_PD			
444	5380	80	1780	1780	1692	24.2342	2.7352%	5017	0.0254	12.1			
Colat Source IPSt	Colat Source CONTRA	Colat Target IPSt	Colat Target CONTRA	Colat complete	ARColat Source IPSt	ARColat Source CON.	ARColat Target IPSt	ARColat Target CONTRA	ARColat complete	Paths complete			
78	78	58	58	12	0	0	0	0	0	0			
Randomizations													
Erdos-Renyi		Watts-Strogatz		Barabasi-Albert		Modified BA		Modified OH		Rewiring		Reciprocal	
Number	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Parameter	0.2	0.2	0.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Name	Real network	Erdos-Renyi	Watts-Strogatz	Barabasi-Albert	Modified BA	Modified OH	Rewiring	Reciprocal					
Isolated nodes	0	0	0	55	16.535	0	0	0					
Connected components	1	1	1	1	1.016	1	1	1					
Reciprocal edges	832	73.704	1748.738	414.185	427.645	1670.729	409.301	832					
Heterogeneity	1.3061	0.0989	0.0987	0.9583	0.9583	0.5424	1.3061	1.3061					
Degree distribution entropy	1.754	2.3571	2.3571	4.0601	4.0601	3.4457	3.754	3.754					
Diameter	7	4.378	5	4.122	5.987	6.615	5.988	6.096					
Average path length	2.8472	2.1078	2.1078	2.4838	2.4838	3.4138	2.6516	2.6768					
Average path length - Self	2.1078	2.439	2.1078	2.1057	2.1057	1.8168	2.3558	1.8858					
Centrality	0.2755	0.0348	0.0164	0.2658	0.2658	0.0802	0.2992	0.2648					
Central point dominance	0.3616	0.0142	0.0005	0.3596	0.3596	0.3491	0.3569	0.3565					
Average subgraph centrality	30336189250.1093	489.9851	1216.1849	27381475.94	35524674.5247	480531.86	9271321113.0777	26090518974.9709					
Average cluster coefficient	0.3217	0.0274	0.2842	0.0979	0.0909	0.3377	0.1879	0.1748					
Average flow coefficient	0.3262	0.257	0.5819	0.3446	0.3569	0.5248	0.1955	0.325					
Small-worldness	11.1833	1	9.8887	3.9817	3.3512	9.7905	6.9976	6.4609					
Modularity	0.3921	0.1747	0.5413	0.1556	0.1564	0.5792	0.1886	0.1502					
Directed Modularity	0.2624	0.16	0.5434	0.14	0.1416	0.606	0.1224	0.1341					
Transitivity	0.2228	0.0273	0.358	0.0948	0.0948	0.2648	0.1612	0.1689					
Global Efficiency	0.3942	0.3942	0.35	0.3313	0.3489	0.3292	0.3125	0.31					
Harmonic mean	3.3989	2.5369	2.8572	3.0185	2.8669	3.0466	3.2004	3.2259					
Vulnerability	0.0202	0.0013	0.0016	0.0104	0.0104	0.012	0.0192	0.0186					
Local Efficiency	0.4762	0.04	0.4714	0.2259	0.2201	0.6338	0.3501	0.3231					
Directed assortativity coeff.	-0.1268	-0.0026	-0.0084	-0.0424	-0.0265	-0.3291	-0.1538	-0.1385					
Cycle coefficient	0.3936	0.08	0.1268	0.1079	0.1079	0.137	0.0904	0.0985					
Average search information	7.7702	8.4276	6.7081	7.8775	7.8775	12.0697	7.4675	7.5409					
Knight-centredness	8.2987	0.0075	0.0091	0.3295	0.3295	0.3385	0.3412	0.3512					
Scale-Free property	ln=0.6 ln=0.6 ln=0.6	ln=0.93 ln=0.45 ln=0.65	ln=0.12 ln=0.65 ln=0.65	ln=1.23 ln=0.84 ln=0.65	ln=0.9 ln=0.84 ln=0.65	ln=2.12 ln=0.6 ln=0.6	ln=0.9 ln=0.6 ln=0.6	ln=0.9 ln=0.6 ln=0.6					
Exponential approximation	ln=0.7 ln=72.38 ln=0.02	ln=0.7 ln=17.31 ln=0.1	ln=0.7 ln=40.81 ln=0.05	ln=0.7 ln=52.33 ln=0.02	ln=0.7 ln=39.2 ln=0.02	ln=0.7 ln=18.88 ln=0.08	ln=0.7 ln=72.38 ln=0.02	ln=0.7 ln=72.38 ln=0.02					

**Abbildung 58:** Globale Parameter des bilateralen BS-Konnektoms und jeweils 1000 Randomisierungen pro Zufallsmodell.



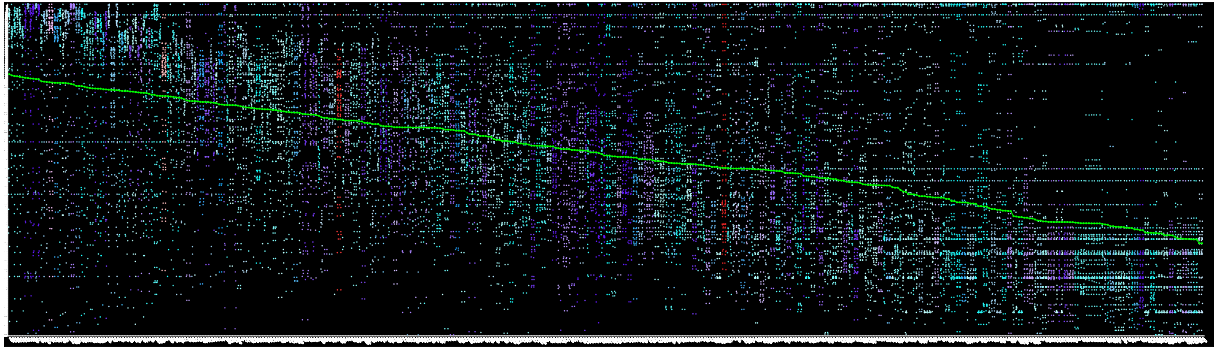


a



b

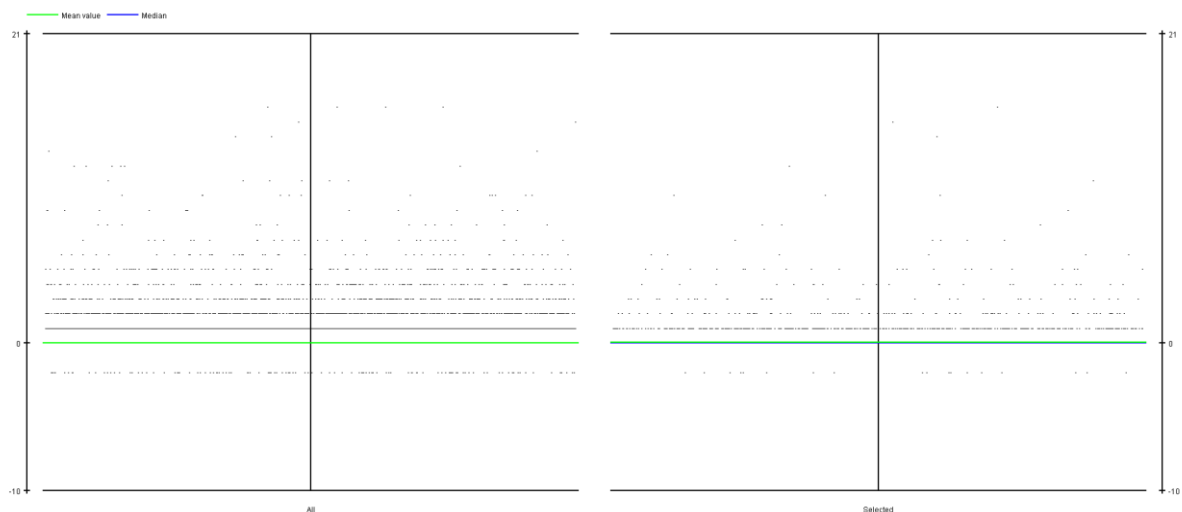
**Abbildung 59:** Modularitätsanalyse des logarithmisch gewichteten bilateralen BS-Konnektoms. a) Ungerichtetes gewichtetes Konnektom. b) Gerichtetes gewichtetes Konnektom.



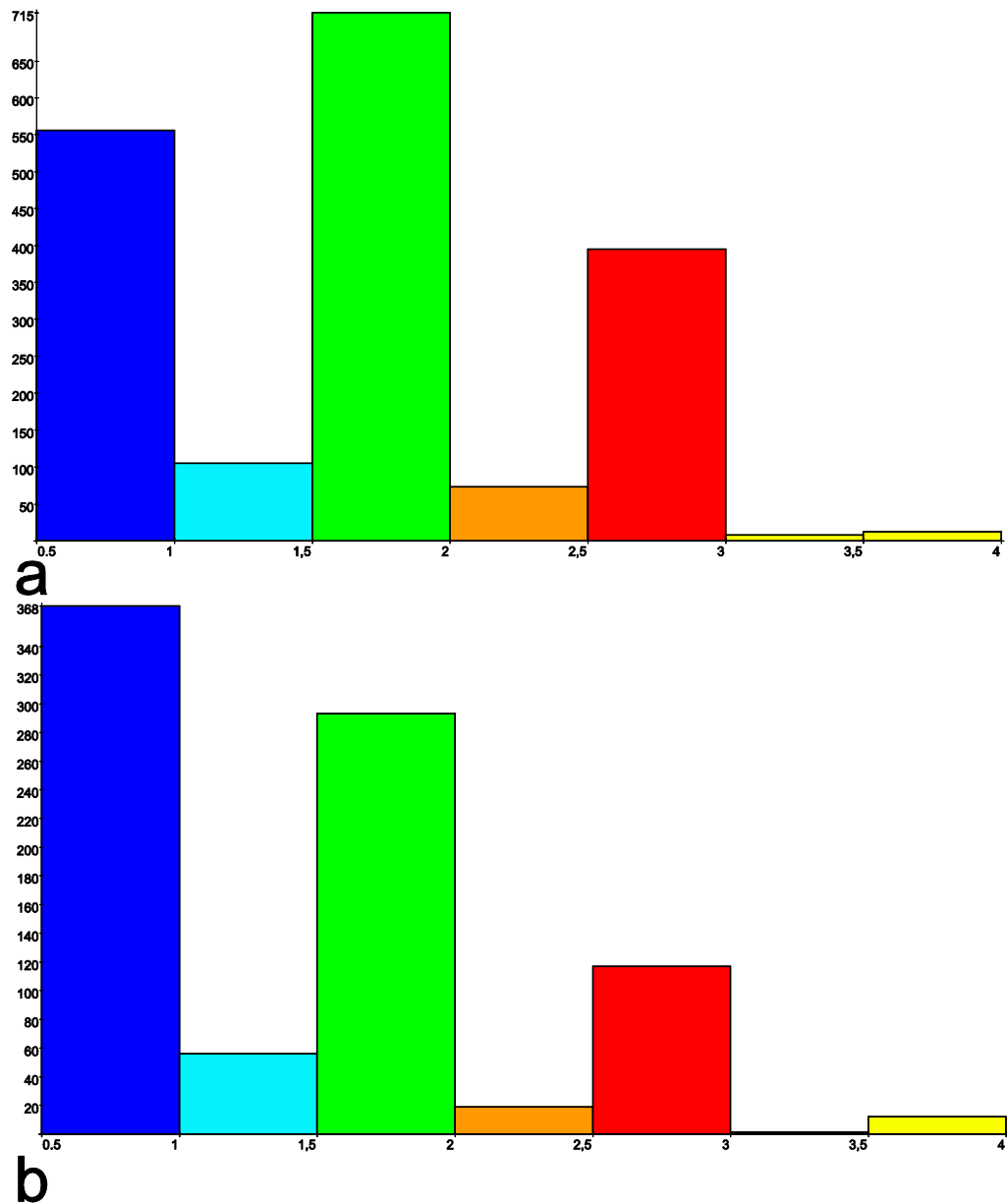
**Abbildung 60:** Lokale Parameter des bilateralen BS-Konnektoms wurden nach mittleren Rängen sortiert. RMg, ROb, MnR, EW und LC haben die durchschnittlich niedrigsten Rangzahlen bzw. höchsten Ränge und Bedeutungen im Konnektom.

### 3.4.1 Konnektivitätsmatrizen

Die Adjazenzmatrix des bilateralen BS-Konnektoms in Abbildung 64 (Verbindungen zwischen Unterbäumen) zeigt, dass ipsilaterale Verbindungen deutlich (Abbildung 62) häufiger auftreten und größere mittlere Gewichte (Abbildung 71) aufweisen als kontralaterale Verbindungen. Der Student's t-Test der ipsilateralen linkshemisphärischen Verbindungen mit dem Rest der bilateralen Adjazenzmatrix ergab einen signifikanten Unterschied mit  $p=0,00057$  (Abbildung 61).

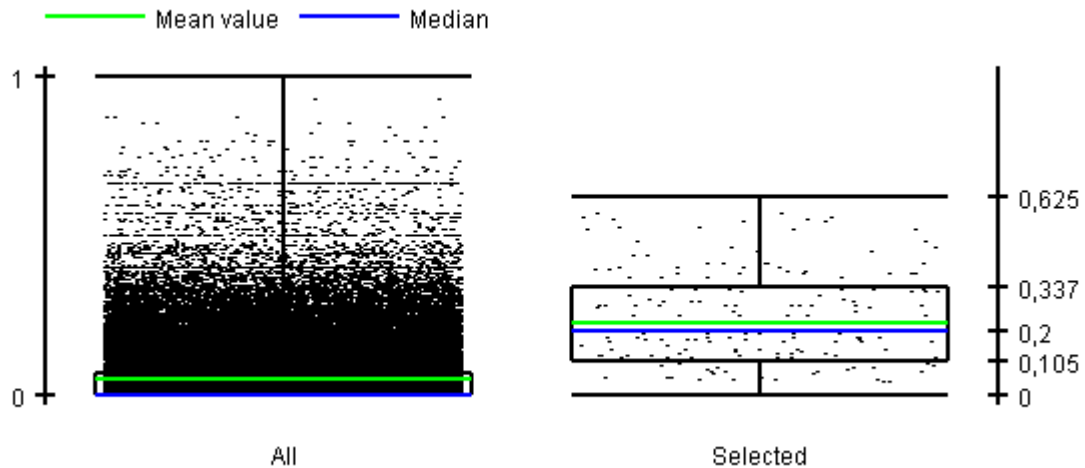


**Abbildung 61:** Vergleich der Verbindungshäufigkeiten (kumulierte Unterbaum-Verbindungen) der ipsilateralen linkshemisphärischen Verbindungen (Selected) mit den übrigen Verbindungen der bilateralen BS-Adjazenzmatrix.



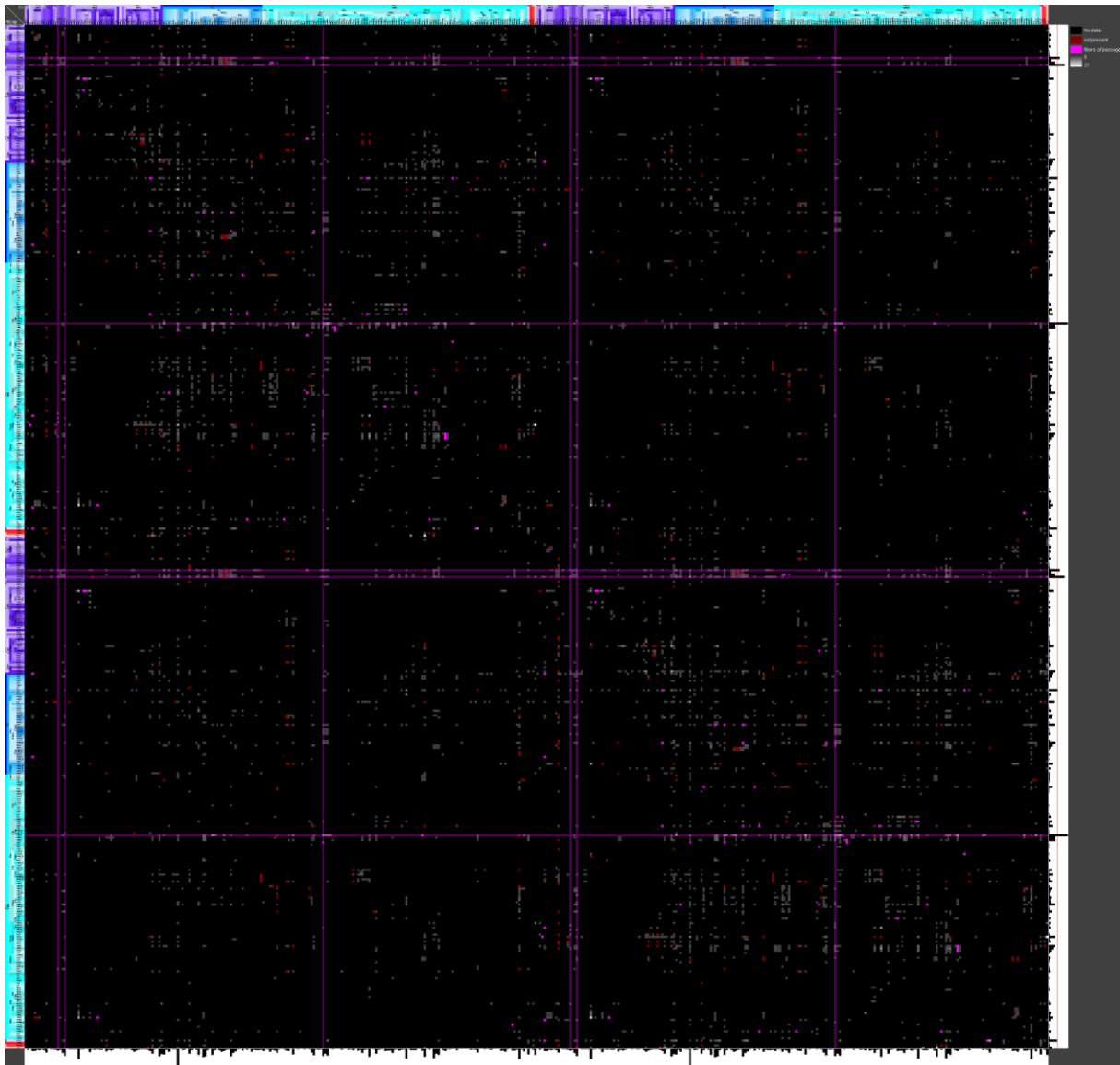
**Abbildung 62:** Häufigkeitsverteilungen der Verbindungsgewichte im bilateralen BS-Konnektom. a) Ipsilaterale Verbindungsgewichte (Maximum=715). b) Kontralaterale Verbindungsgewichte (Maximum=386).

Das Vorkommen der Verbindungsgewichte 3 und 4 ist in der bilateralen Adjazenzmatrix des BS-Konnektoms in Abbildung 73 wiedergegeben. Größere Verbindungsgewichte (rot und gelb kodiert) kommen vermehrt bei ipsilateralen Verbindungen vor. Die Verbindungen mit den beiden größten Verbindungsgewichten sind in einer gefilterten Matrixdarstellung in Abbildung 75 wiedergegeben. Der Connectivity matching index für Input- und Output-Verbindungen ( $CMI_{All}$ ) ist in Abbildung 74 abgebildet. Deutlich treten die Nebendiagonalen kontralateraler Verbindungen hervor, was bedeutet, dass gleiche Gebiete kontralateraler Hemisphären besonders ähnliche Verbindungen aufweisen. Signifikant ähnlichere efferente und afferente Verbindungen im Vergleich zur übrigen  $CMI_{All}$  weisen die Sol-Regionen auf (Abbildung 63).

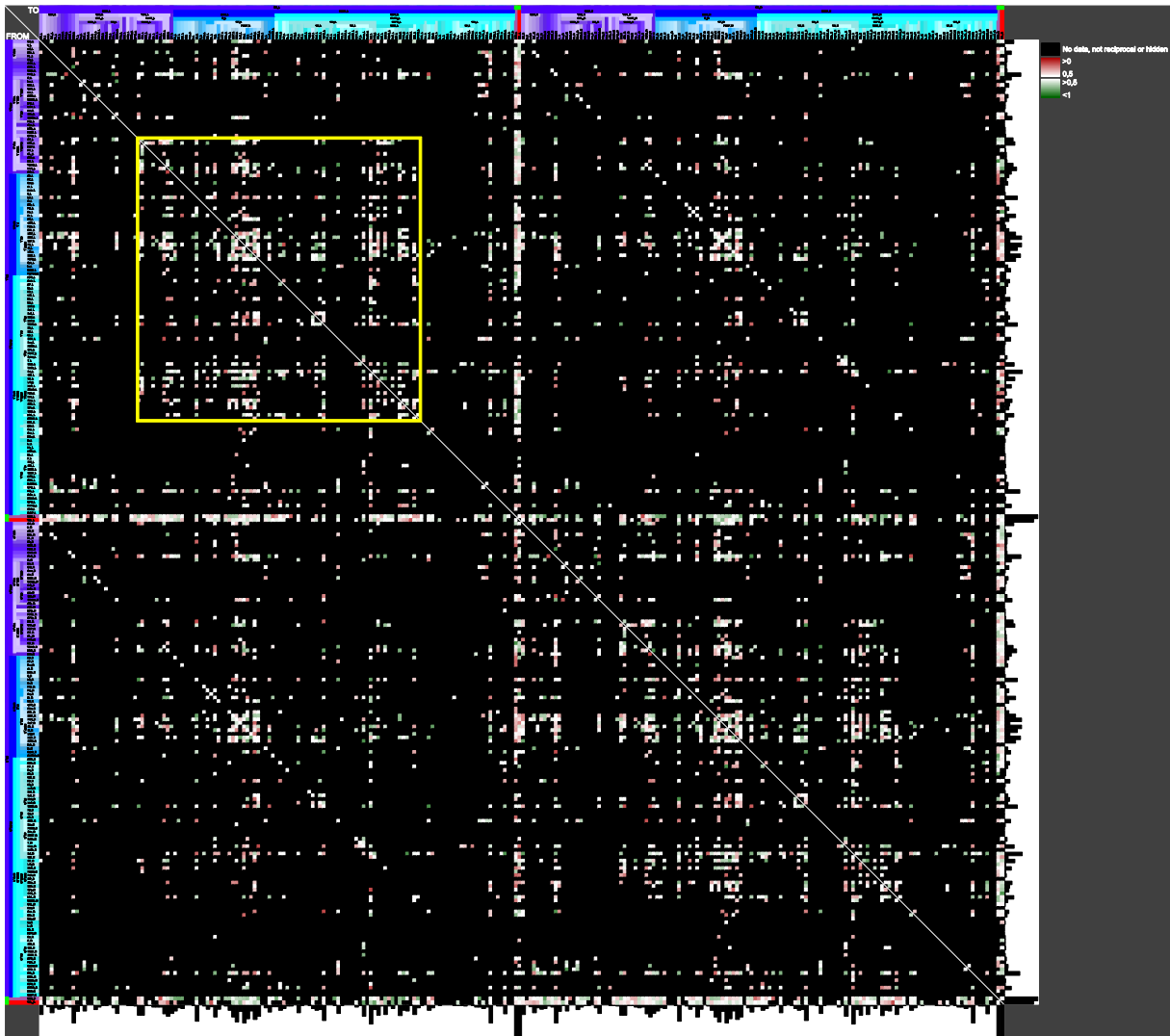


**Abbildung 63:** Die Sol-Regionen gehören zur „Selected“ Gruppe von Regionen, welche in der  $CMI_{All}$  Matrix ausgewählt wurde und mit den  $CMI_{All}$  – Werten von allen übrigen Regionenpaaren verglichen wurde. Der Unterschied ist signifikant.

Derartige Nebendiagonalen, wie sie in der  $CMI_{All}$ -Matrix vorhanden sind, sind auch in Abbildung 70 und Abbildung 71 der Reziprozitätenmatrix zu erkennen. Kontralaterale Reziprozitäten treten deutlich seltener auf als ipsilaterale. Mittels der Verkleinerung der Hierarchieebene (Einklappen der Hierarchie des bilateralen BS-Konnektoms von Hierarchieebene 16 auf Ebene 14) zeichnet sich eine Zunahme der Reziprozitätendichte in bestimmten Regionen ab (Abbildung 65). Hierzu gehören Ventral midbrain tegmentum, Pons, Reticular formation, Brainstem premotor cell groups. Insbesondere weist die Reticular formation zahlreiche Reziprozitäten im Hauptdiagonalenbereich auf, was auf eine dichte, intraretikuläre Vernetzung mittels reziproker Kanten hinweist. Diese Reziprozitätenverdichtung ist auch im Bereich der Nebendiagonalen erkennbar, womit intraretikuläre kontralaterale Reziprozitäten relativ häufig vorkommen. Die Verbindungsdistancen in Form der intermittierenden Distanzenmatrix sind in Abbildung 72 wiedergegeben. Die blockartige Häufung von Gebieten, die öfters Zwischenknoten benötigen, um mit anderen Gebieten Verbindungen herzustellen, ist in dieser Darstellung deutlich erkennbar.



**Abbildung 64:** Kumulierte Verbindungen des bilateralen BS-Konnektoms. Gebiete mit zahlreicheren Input-Verbindungen wurden mit violetten Streifen markiert. Die ipsilaterale Konnektivität im oberen linken und unteren rechten Quadranten ist größer.

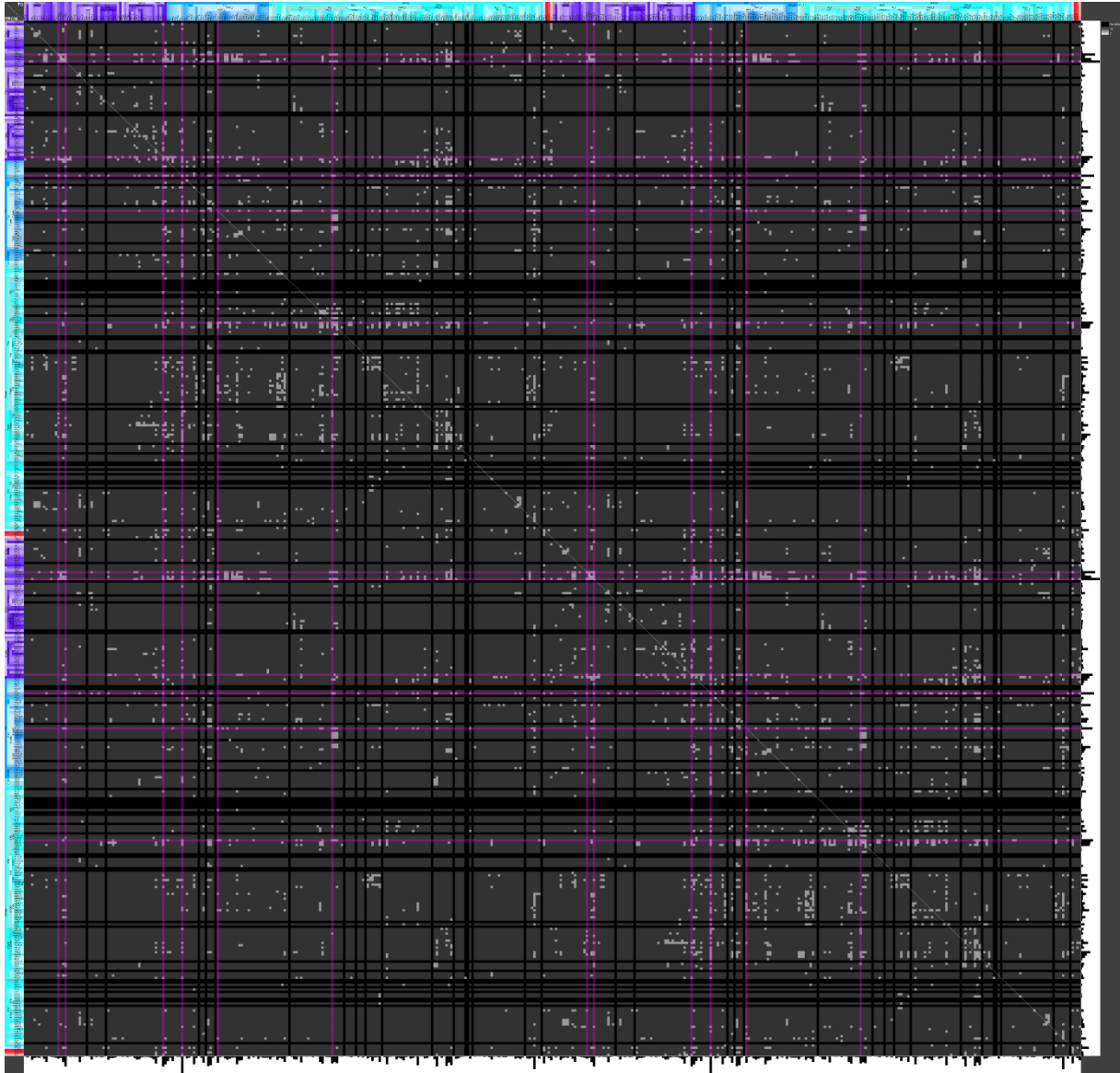


**Abbildung 65:** Reziprozitätenmatrix des eingeklappten (Ebene 14) bilateralen BS-Konnektoms. Gelb markiert wurde ein Bereich mit größerer Reziprozitätendichte.

Die normalisierte Communicability Matrix wurde für die gewichteten Verbindungen berechnet (Abbildung 65). Relativ große Communicability-Werte der Communicability-Matrix weisen auf relativ viele kürzeste Pfade mit großem Verbindungsgewicht zwischen einem Paar von Regionen hin. Diese Matrix stellt die Verallgemeinerung der shortest path count Matrix dar. Tegmentale Regionen, LC, PNC, DR und RMg weisen größere Communicability Werte im bilateralen BS-Netzwerk auf, was in der Matrix markiert wurde. Anders formuliert bedeutet dies zugleich, dass diese Regionen relativ häufig in alternativen Pfaden oder auch „redundanten“ Pfaden durch das Netzwerk passiert werden. Hieraus geht zwar nicht hervor, dass diese Verbindungen zwischen den entsprechenden Paaren von Regionen mit großen Communicability-Werten eine große Bedeutung für das Netzwerk haben, allerdings ist die Wahrscheinlichkeit hierfür größer als für Regionenpaare mit kleineren Communicability Werten. Pontine und medulläre Gebiete haben um die Hauptdiagonale herum relativ größere



Communicability-Werte, im Vergleich mit anderen Regionen. Somit scheint es für Regionenpaare dieser Übergebiete relativ viele Pfade zu geben, die diese Regionen mit anderen Regionen des BS-Konnektoms verbinden.



**Abbildung 66:** Normalisierte Communicability-Matrix von gewichteten Verbindungen des bilateralen BS-Konnektoms.

## 4 Diskussion

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Untersuchungen zusammengefasst und kritisch betrachtet. Ferner wird auf die Befunde von BS-Verbindungen anderer Arbeitsgruppen eingegangen. Abschließend werden die eingangs formulierten Fragestellungen beantwortet und ein Ausblick entwickelt.

### 4.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Konnektomanalyse des Hirnstammes geht von 310 unilateralen Regionen im Hirnstamm aus, von denen 293 im stereotaktischen Atlas von Paxinos (2015) abgegrenzt und 17 Regionen nach Büttner-Ennever und Horn (2014) hinzugefügt wurden. Diese hierarchisch organisierten Gebiete werden als *brain stem core* (BS) bezeichnet. Sie wurden als Hierarchie und als 3D-Visualisierung uni- und bilateral dargestellt. Die Gebiete des BS sind bis zu der Hierarchieebene 17 untergliedert.

In drei Datenbanken wurden 587 Publikationen identifiziert, die intrinsische Verbindungen zwischen Regionen des BS-Konnektoms beschreiben. In 1568 Publikationen wurden Verbindungen außerhalb (extrinsisch) des BS-Konnektoms zu Gebieten des BS-Konnektoms gefunden. In 2274 Veröffentlichungen wurden Verbindungen von BS-Regionen zu nicht-BS-Regionen beschrieben. Die Verbindungsdaten des BS-Konnektoms beruhen auf der Auswertung von 587 Publikationen, die vor allem aus intrinsischen Verbindungen bestehen und u.a. von mir erfasst wurden. Aus anderen Promotionsprojekten konnten aufgrund des integrativen Ansatzes von *neuroVIISAS* problemlos extrinsische Konnektivitäten analysiert werden. Diese Auswertungsstrategie lässt sich als retrospektive Studie beschreiben und wird in vergleichbarer Weise in verschiedenen Projekten (BAMS, Ferrotome, CoCoMac) an unterschiedlichen Organismen durchgeführt. Das Vorgehen ist damit etabliert und in der Konnektomforschung als ein spezifischer Prozess zur Generierung konsistenter Verbindungsdaten in neurowissenschaftlichen Datenbanken anerkannt.

Im unilateralen BS-Konnektom sind 222 von 310 Regionen über 1814 Verbindungen miteinander verbunden. Somit sind 88 Gebiete im intrinsischen BS-Konnektom isoliert und wurden bei den intrinsischen Analysen nicht berücksichtigt.

Charakteristische intrinsische Verbindungen zwischen BS-Regionen wie z.B. von Sol zu Amb und Sol zu PB, SuOLi zu IC u.a. konnten mittels des Pfadanalysemoduls in den vorliegenden Daten bestätigt werden. Es wurde erstmals hier gezeigt, dass es noch zahlreiche weitere Verbindungen zwischen diesen Regionen neben den anerkannten intrinsischen Basis-Konnektivitäten gibt.



Das BS-Konnektom wurde zunächst unilateral untersucht. Es ist aus 297 reziproken von insgesamt 1814 Verbindungen aufgebaut. Die mittlere Anzahl von Verbindungen pro Region beträgt 16,34. Aus neueren Auswertungsdaten geht hervor, dass 68 Axonkollateralen ihren Ursprung im BS-Konnektom haben und 45 Kollateralen im BS-Konnektom terminieren. Diese Befunde wurden im Rahmen dieser Arbeit nicht im Detail untersucht. Die mittlere Pfadlänge (2,8), der mittlere Cluster Koeffizient (0,3258) und der Parameter Small-worldness weisen auf eine Kleine-Welt-Netzwerk-Architektur des BS-Konnektoms hin. In dieser Arbeit wurde erstmals (Schwanke et al. 2019) eine differentielle Konnektomanalyse globaler Netzwerkparameter angewendet, um hiermit die Ähnlichkeit zu 7 Zufallsnetzwerken abschätzen zu können. Kleine Abweichungen bzw. große Ähnlichkeit des realen BS-Konnektoms zeigten sich für das Watts-Strogatz, Rewiring mit reziproken Verbindungen und das modifizierte OHO-Netzwerk.

Das häufigste Verbindungsgewicht ist im uni- und bilateralen BS-Konnektom die „moderate density“ (2).

Das bilaterale BS-Konnektom ist aus 448 Gebieten aufgebaut, welche über 5352 Verbindungen miteinander verbunden sind. Hiervon sind 1684 Verbindungen intrinsisch kontralateral. Das bilaterale Konnektom hat relativ große Ähnlichkeit mit einem Skalen-freien Netzwerk.

Die Häufigkeiten von dokumentierten Verbindungen des BS-Konnektoms wurden mit speziellen Matrizen dargestellt. Mit dieser Methode wurden auch Diskrepanzen der Verbindungen abgebildet, womit Verbindungen sichtbar werden, die in manchen Publikationen als existierend beschrieben wurden und in anderen Publikationen als nicht existierend. Schließlich wurden Regionen mit besonders großen Validitätswerten gefiltert und als planares Netzwerk dargestellt.

Unilaterales und bilaterales BS-Konnektom weisen zahlreiche reziproke Verbindungen auf, die sich in Zufallsnetzwerken nicht direkt generieren lassen. Nur mittels spezieller Bedingungen können diese reziproken Verbindungen in Zufallsnetzwerken berücksichtigt werden. Wichtig ist hervorzuheben, dass nicht alle Verbindungen des BS-Konnektoms reziprok sind. LC hat mit 34 die meisten reziproken Verbindungen. Die Reziprozitäten wurden inklusive ihrer Gewichte in Reziprozitätsmatrizen mit Reziprozitätshistogrammen dargestellt. Schließlich wurden in einer neuen Matrix reziproke Verbindungen nicht-reziproken Verbindungen mittels Farbmarkierungen gegenübergestellt.

In der Distanzmatrix wurden die kleinsten graphentheoretischen Distanzen zwischen den Regionen des BS-Konnektoms abgebildet. Diese Matrix wurde noch detaillierter dargestellt, in dem die Anzahl kürzester Pfade zwischen einem Gebietspaar gezeigt wurde, so dass viele

besonders kurze Verbindungen zwischen bestimmten Regionen des BS-Konnektoms hier erkennbar werden.

Verbindungsmuster von Regionenpaaren können mittels der connectivity matching Methode verglichen werden und wiederum in Matrixform abgebildet werden. Besonders häufige Übereinstimmungen wurden zusätzlich farblich kodiert. Eine statistische Analyse (t-Test) von Nc. solitarius mit den übrigen Regionen des BS-Konnektoms, zeigt eine starke Konnektivitätsähnlichkeit der Solitarius-Regionen untereinander im Vergleich zu anderen Regionen des BS-Konnektoms.

Zahlreiche lokale Netzwerkparameter lassen sich mittels Rangbildung über alle Gebiete des BS-Konnektoms sortieren, um so die Regionen zu bestimmen, die hinsichtlich ihrer lokalen Parameter besonders große Bedeutung für das intrinsische BS-Konnektom besitzen. Dies sind RVRG, ROb, KF, Sp5C, SolC und 10.

Die Motiv-Analyse ergab eine Häufung von Motiven, die insbesondere eine oder mehrere reziproke Verbindungen aufweisen. Dies wurde sowohl im unilateralen wie auch bilateralen BS-Konnektom gefunden. Die signifikante Häufung des zirkulären 3-07 Motivs konnte erst nach Anwendung der rewiring Randomisierung mit Konstanthaltung reziproker Verbindungen gefunden werden.

Besonders ausgeprägte Vulnerabilitäten wurden für die BS-Regionen VLPAG, CIC, PPTg, EW, LC gefunden, also Gebieten die bei zuvor durchgeführten Untersuchungen bereits durch ihre große Bedeutung im BS-Konnektom aufgefallen sind.

14 Regionen wurden der Rich-Club Menge des BS-Konnektoms zugeordnet: Locus coeruleus, Ventrolateral periaqueductal gray, Raphe magnus nucleus, Edinger Westphal nucleus, Pedunculopontine tegmental nucleus, Spinal trigeminal nucleus caudal part, Koelliker Fuse nucleus, Median raphe nucleus, Parabrachial nucleus medial, Rostral ventral respiratory group, Prepositus nucleus, Mesencephalic trigeminal nucleus, Spinal trigeminal nucleus interpolar part, Spinal trigeminal nucleus oral part. Diese Regionen bilden untereinander ein dichtes Netzwerk, welches sich durch relativ große Verbindungsgewichte auszeichnet. Außerdem bilden diese Regionen 2 Module, wie sich in der Modularitätsanalyse herausgestellt hat.

Die Sol-Unterregionen liegen in der MDS-Analyse relativ dicht zusammen, was ihre konnektionale Ähnlichkeit widerspiegelt. Dieses Phänomen wurde auch mit der Methode der selbstorganisierenden Karte (Kohonen-Netzwerk) gefunden. Die SOM-Methode wurde in dieser Arbeit erstmals für die Konnektom-Analyse eingesetzt. Eine weitere Zusammenlagerung von konnektional ähnlichen Regionen ergab sich für PAG-Untergebiete und für Sp5-Untergebiete.

Die extrinsische Konnektivität des BS-Konnektoms lässt sich vielfältig untersuchen. In dieser Arbeit wurde zunächst bestimmt welche BS-Regionen besonders viele extrinsische Verbindungen besitzen und somit als „Schnittstelle“ zu den übrigen Regionen des Nervensystems fungieren können. Es wurde herausgefunden, das LC mit 1930 ipsi- und kontralateralen Output-Verbindungen den umfangreichsten extrinsischen Output gefolgt von A5 (1919), PPtg (885) und RMg (880) besitzt. VLPAG erhält mit 964 Verbindungen den umfangreichsten extrinsischen Input, dann folgt PAGL (901), Solm (607) und schließlich LC (581), um nur die Regionen mit den meisten Afferenzen aufzuführen. Die massive Komplexität allein des bilateralen intrinsisch-extrinsischen BS-Konnektoms wurde in Form einer gewichteten Adjazenzmatrix wiedergegeben. Selbst die Verbindungen mit großen Gewichten zeigen eine hohe Komplexität, die im hierarchischen Graphen-Layout visualisiert wurde. Schließlich erfolgte eine Auswertung des bilateralen intrinsischen BS-Konnektoms. Hier fiel eine stark ausgeprägte intraretikuläre reziproke Konnektivität auf. Kontralaterale Nebendiagonalen (reziproke Verbindungen mit gleichen kontralateralen Regionen) sind ebenfalls ein für dieses Konnektom typisches Phänomen.

## **4.2 Kritische Betrachtung der Literaturlauswertung**

Die retrospektive Extraktion von Verbindungsdaten aus begutachteten Veröffentlichungen wurde von mir durchgeführt und anschließend wurden die Verbindungsdaten mit Literaturverweisen in *neuroVIISAS* importiert. Eine Mehrfach-Auswertung der gleichen Arbeiten durch weitere unabhängige Auswerter mit Fachkenntnissen der Neuroanatomie war im Rahmen dieses Projektes leider nicht möglich (Schmitt et al. 2018). Eine redundante Auswertung könnte zu einer größeren Zuverlässigkeit der ausgelesenen Verbindungsdaten führen. Durch die intensive Diskussion der Verbindungsbefunde jeder einzelnen Publikation wurde jedoch die Auswertungsgenauigkeit und Reproduzierbarkeit erhöht.

Bei der Auswertung ist aufgefallen, dass es für zahlreiche aufwendige tierexperimentelle Tract-tracing Studien erstaunlich wenige bis gar keine Standardisierungen von Verbindungsgewichten und Gebietsdefinitionen gibt. Auch die Applikationsarten sind sehr variabel (pressure injection, iontophoretic injection), Volumina und Tracer-Konzentrationen können sehr unterschiedlich sein. In vielen Tract-tracing Publikationen wird auch das Geschlecht der untersuchten Tiere nicht angegeben, obwohl bekannt ist, dass Geschlechtsunterschiede im Hypothalamus und im Rückenmark u.a. vorkommen. Das Konnektom- und Atlasanalysesystem *neuroVIISAS* hat sich bezüglich dieser uneinheitlichen Daten als günstig erwiesen, da sich unterschiedliche Terminologien (Variantenkonzept), Gewichtsdefinitionen (logarithmische Transformation) und variable Beschreibungen von

Beobachtungen in den Tract-tracing Studien in nachvollziehbarer Art und Weise abbilden lassen. Jede Verbindung ist über das Datenbanksystem von *neuroVIISAS* direkt mit der Publikation verbunden und kann direkt abgerufen werden. Diese Methode ermöglicht ein schnelles Validieren und ist in keinem vergleichbaren System (CoCoMac, Ferretome, BAMS) bislang realisiert worden.

Mir sind alternative Auswertungsmöglichkeiten von Verbindungen im Nervensystem der Ratte bekannt wie beispielsweise DTI-Messungen, die den Nachteil haben, dass Ursprung (Perikaryon) und Ziel (Axonterminalen) einer Verbindung nicht eindeutig bestimmbar sind, oder das Verfahren vom Allen-Institut zur Erstellung des Mouse-Connectoms, was jedoch trotz des innovativen high-throughput Ansatzes eingeschränkt und nicht in der Lage ist, die Konnektivität des peripheren Nervensystems einzubeziehen.

Verbindungen zwischen Gehirnregionen von Laborratten wurden aus begutachteten (peer-reviewed) Tract-Tracing-Artikeln in Tabellenform überführt, um genauere Richtungs- und Auflösungsdaten dieser Verbindungen von oder zu Hirnstammregionen zu erhalten. Dieses Vorgehen ist eine etablierte retrospektive Methode und wird von anderen Arbeitsgruppen ebenso erfolgreich angewendet (Felleman und van Essen, 1991; Stephan et al., 2000, 2001; Sugar et al., 2011; Bota et al., 2012).

Probleme, die bei der Auswertung von Tract-Tracing Publikationen auftreten, werden im Folgenden geschildert. Von der Auswertung wurden Läsionsstudien (knife cut lesions, Kainsäure Läsion u.a.) aufgrund der geringen räumlichen Genauigkeit ausgeschlossen. Es wurden nur Publikationen berücksichtigt, in denen sich Befunde über *adulte Laborratten* fanden oder Verbindungen in postnatalen Tieren beschrieben wurden, die auch im adulten Tier vorhanden sind. Tract-Tracing Publikationen, in denen Verbindungen von anderen Organismen (z.B. Kuenzle, 2009) beschrieben wurden, kamen nur zur Auswertung sofern Verbindungen von Laborratten enthalten waren. Verbindungen von weiblichen und männlichen Tieren wurden ausgewertet, wobei häufiger in männlichen Tieren tract-tracing Untersuchungen vorgenommen wurden. Arbeiten (Rehkämper et al., 1994) mit phylogenetisch verwandten Nagern, wie z.B. Blindmäuse (*Spalax ehrenbergi*) wurden grundsätzlich nicht ausgewertet. Auch Publikationen, in denen Experimente mit Transplantaten oder neuropharmakologische Untersuchungen durchgeführt wurden, kamen nicht zur Auswertung (z.B. Thanos, 1997), da naheliegt, dass Verbindungen zerstört werden könnten.

Die Vergleichbarkeit von Verbindungen gleicher Tracer-Injektionsorte unterschiedlicher Tracer-Publikationen unterliegt Einschränkungen, da die exakte Lokalisation (Diffusion des Tracers in Nachbargebiete) des Injektionsortes, die Applikationsart (Geschwindigkeit der Injektion, Druckinjektion, Iontophorese und Kombinationen) und der Tracer selber (Konzentration, Volumen, Konjugation) sowie Überlebenszeiten nach der Tracer-Applikation variabel angewendet, experimentell erfasst und beschrieben werden. Meist müssen die Beschreibungen von Verbindungen aus den Ergebnisteilen von Publikationen interpretiert werden. Dies kann bisweilen schwierig sein für axonale Terminalen bei anterograden Transport. Perikaryen werden bei retrograden Transport dargestellt. Gemeinsame Terminalen und Perikaryen Darstellungen können bei bidirektionalem Tracer-Transport gefunden werden. Erschwert werden die Interpretationen, wenn über mehrere Absätze verallgemeinernd diese Beobachtungen beschrieben werden. Ein weiterer Faktor, der zu variablen Ergebnissen führen kann, ist die Überlebenszeit der untersuchten Tiere nach Applikation des Tracers. Eine verlängerte Überlebensdauer kann dazu führen, dass deutlich mehr Projektionen markiert werden bzw. zum Teil auch schwachen Konnektivitäten dadurch ein größeres semiquantitatives Gewicht zugewiesen wird (s. S. 15). Befunde, die Injektionen in Faserbahnen oder Tracer-Lokalisationen in „fibers of passage“ oder „bypassing fibers“ wurden zwar erfasst aber durch einen spezifischen Gewichtswert markiert, so dass solche Verbindungen bei der Auswertung herausgefiltert werden können. Uneindeutige Angaben zu Projektionsbahnen insbesondere von benachbarten Regionen wurden bei der Auswertung nicht berücksichtigt (z.B. Cho et al., 2004). Im Rahmen dieser Arbeit erfolgte zwar keine Auswertung von Publikationen mit Injektionsorten, die nicht in den Kerngebieten des Hirnstammes liegen aber es wurden extrinsische Regionen in die Auswertung einbezogen, die von anderen Auswertern bereits erfasst wurden. Manche Beschreibungen der Zielregionen von einzelnen Verbindungen sind nicht immer eindeutig und direkt interpretierbar dokumentiert. Die ideale Form einer direkt interpretierbaren Dokumentation wäre eine tabellarische Übersicht mit explizierter Angabe zur Lokalisation von Perikaryen (sources), axonalen Terminalen (targets) und einem semiquantitativen Gewicht (Brett-Green et al., 2003).

Verbindungen können zudem in einer Publikation als existent und in einer anderen Publikation als nicht existierend explizit beschrieben werden. Der Vorteil meiner hier vollzogenen Auswertung ist jedoch, dass Verbindungen in Form eines Spektrums zwischen besonders widersprüchlich bis besonders zuverlässig untersucht und gefiltert werden können.

Auch das von Kamper (2004) beschriebene *Parzellierungsproblem* kann zu der Entstehung von Diskrepanzen führen, da sich Regionen unterschiedlich nach strukturellen und/oder funktionellen und/oder hodologischen und/oder neurochemischen Kriterien gliedern lassen. Dies kann bei der Betrachtung unterschiedlicher Tract-Tracing Studien zu Überlappungen und Einschließungen von Regionen führen. Somit ist es möglich, dass die genaue Zuordnung der Regionen, die Definition räumlich-ontologischer Relationen (Baldock und Burger, 2008; Bowden et al., 2007; Bowden und Dubach, 2005) und deren Vergleichbarkeit zwischen unterschiedlichen Publikationen im Rahmen von retrospektiven konnektionalen Studien erschwert wird. Die Entwicklung der *Objektiven Relationalen Transformation* (ORT) soll ein Lösungsansatz für dieses Problem darstellen. Allerdings ist eine Voraussetzung für die Umsetzung von ORT die Verfügbarkeit von „Intermap Relations“, welche den Vergleich verschiedener Hirnregionen ermöglicht. Unterschiedliche Beziehungen zwischen bestimmten Hirnregionen können durch einen *Relation Code* definiert werden. Die folgenden fünf Relationen zwischen zwei Hirnarealen sind bei diesem Ansatz berücksichtigt worden: identisch (RC = „I“), ein Areal ist größer als das andere (RC = „L“), beide Areale überlappen sich (RC = „O“), ein Areal ist Subareal des anderen (RC = „S“) oder beide Areale liegen getrennt zueinander (RC = „D“) (Kamper, 2004). Eine konsequente und konsistente Anwendung dieser Relationen hängt von der Verfügbarkeit der notwendigen Informationen durch die Tract-Tracing Publikationen ab. Leider sind diese Informationen jedoch nur selten direkt oder explizit verfügbar, so dass sie manchmal aus Abbildungen und Beschreibungen im Text abgeleitet oder „interpretiert“ werden müssen. Dies wiederum kann zu Fehlerinterpretationen führen und bei komplexen Konnektomen neue Gliederungs-Fehler einführen. Aus diesem Grund wurde auf ein solches Vorgehen verzichtet.

#### **4.3 Kritische Betrachtung der Ergebnisse**

Die hier präsentierten Ergebnisse sind zwar komplex, können jedoch im Einzelnen aus der Literatur direkt nachvollzogen werden. Ich habe die Auswertung der Arbeiten stets unter dem Aspekt durchgeführt, die beschriebenen Verbindungen durch die Reduktion in Tabellenform von sources und targets dem Experten gegenüber begründen zu können. Dies bedeutet, dass jede Verbindung des Hirnstamm-Konnektoms über die Originalliteraturstelle zurückzuverfolgen ist und in dem kontextuellen Zusammenhang begründet werden kann. Am eindeutigsten und teilweise auch am genauesten sind solche Verbindungsbeschreibungen, die in den Publikationen bereits in Tabellenform vorliegen, da diese Daten keiner weiteren Interpretation durch den Leser bzw. Auswerter bedürfen. Für bestimmte Verbindungen,

insbesondere verallgemeinernde Aussagen wie z.B. „alle Rückenmarkssegmente“ zeigten eine Verbindung zu Kerngebieten der *Formatio reticularis*, war die Interpretation nicht eindeutig. Hier wurde das Prinzip angewendet so dicht wie möglich an der „Rohdaten“ Beschreibung zu bleiben und genau diese Beschreibung in der Gebietshierarchie des Rattenkonnektoms abzubilden. Also wurde für diese verallgemeinernde Beschreibung *eine Verbindung* kodiert, die genauso allgemein wie die Beschreibung in der Publikation ist, welche die Verbindung vom Rückenmark zur *Formatio reticularis* beschreibt.

#### **4.4 Kritische Betrachtung der Ergebnisse anderer Arbeitsgruppen**

Die Verbindungen der Hirnstammgebiete der Laborratte wurden bislang nur relativ deskriptiv in Review-Form dargestellt und interpretiert (Brevik et al. 2001). Mit dieser Arbeit wurden erstmals sämtliche Tract-tracing Studien des Hirnstamms der Ratte konsistent erfasst und alle durch Experten beschriebenen Verbindungen aus der Literatur in ein konsistentes Datenbank- und Analyse- und Visualisierungssystem eingelesen. Somit lässt sich ein kritischer Vergleich mit konnektionalen Hirnstammdaten anderer Arbeitsgruppen durchführen oder eine differentielle Analyse.

#### **4.5 Alleinstellungsmerkmale der Konnektomanalyse des Hirnstamms der Ratte**

Eine Konnektomanalyse sämtlicher kartierter Hirnstamm-Gebiete des stereotaktischen Atlas von Paxinos ist bislang nicht durchgeführt worden. Zudem sind die Konnektomdaten visualisiert worden und in Zusammenhang mit räumlichen Gebietsbeziehungen gesetzt worden. Andere Systeme wie BAMS oder CoCoMac können lediglich, Verbindungsdaten kumulieren und in Matrizenform darstellen aber, quantitative Analysen und auch konsistente 3D-Visualisierungen in stereotaktischen Atlasansichten sind nicht möglich. Zudem sind die Regionen des Ratten-Hirnstamms in *neuroVIISAS* in einer Hierarchie organisiert und in neuroontologische Datenstrukturen eingebettet, die zur Navigation und Filterung der Gebiete für die Konnektomanalyse genutzt wird. Auch dies ist mit anderen Konnektomanalyse-Umgebungen nicht möglich. Komplexe statistische Analysen wie multivariate Statistik und Netzwerk-spezifische Clusterverfahren sind in *neuroVIISAS* gebündelt implementiert. In dieser Arbeit wurde ein ganz neuer Ansatz zur Verbindungs-Ähnlichkeitsuntersuchung angewendet, der bislang für Konnektomanalysen gar nicht realisiert war: die selbstorganisierenden Karten oder Kohonen-Maps.

## 4.6 Ausblick

Mittels *neuroVIISAS* lassen sich exakt 93 Regionen des Hirnstammes bestimmen die im stereotaktischen Atlas von Paxinos kartiert sind und von denen keine intrinsischen Konnektivitäten bekannt sind. Es wäre interessant diese Gebiete mittels Tract-tracing Methodik genauer zu untersuchen und deren intrinsische Konnektivität zu bestimmen.

Inzwischen können in *neuroVIISAS* auch traktographische Daten die von DTI-Messungen berechnet wurden, eingelesen werden und die daraus resultierenden Konnektome mit den histologischen Tract-tracing Literaturdaten verglichen bzw. korreliert werden (Sinke et al. 2018). Eine solche konnektionale Korrelationsanalyse für das Hirnstammkonnektom sollte als Fortsetzung dieser Arbeit angestrebt werden.

## 4.7 Beantwortung der Fragestellung dieser Arbeit

In der Einleitung wurden Fragen formuliert, die an dieser Stelle als Ergebnis der durchgeführten Auswertungen beantwortet werden.

1. *Wie viele Verbindungen des intrinsischen und extrinsischen Hirnstamm-Konnektoms sind bislang beschrieben worden?*

Ipsilateral sind 222 Hirnstammregionen durch 1814 Verbindungen untereinander (intrinsisch) verbunden. Hiervon sind 297 Verbindungen reziprok. Bilateral sind 444 Hirnstammgebiete durch 5380 Verbindungen untereinander (intrinsisch) verbunden von denen 832 Verbindungen reziprok sind.

2. *Wie ist das Verhältnis von ipsi- und kontralateralen Verbindungen des Hirnstamm-Konnektoms?*

Im bilateralen Hirnstamm-Konnektom sind 1780 ipsilaterale Verbindungen und 1692 kontralaterale Verbindungen beschrieben worden. Das Lateralitätsverhältnis von ipsilateralen zu kontralateralen Verbindungen beträgt somit 2,1 zu 1. Hinzukommen 273 kollaterale Verbindungen.

3. *Welche intrinsischen und extrinsischen Konnektivitäten des Hirnstamms dominieren hinsichtlich ihrer Projektionsgewichte?*

Im intrinsischen ipsilateralen Hirnstamm-Konnektom befinden sich 320 Verbindungen, für welche semiquantitative Projektionsgewichte von 3 bis 4 dokumentiert wurden.



Dorsolaterales- (DLPAG) und ventrolaterales (VLPAG) periaqueduktales Grau, der Locus coeruleus (LC) und der kaudale Teil des spinalen trigeminalen Kernes (Sp5C) besitzen zahlreiche intrinsische Verbindungen mit großen Verbindungsgewichten ( $\geq 3$ ). LC und Sp5C verfügen über besonders viele Verbindungen mit großen Verbindungsgewichten im extrinsischen Hirnstamm-Konnektom. Als explizite extrinsische Regionen verfügen DBB, VMH, Po, AI, HIPP und spinale Gebiete (SCLC2, T5, T7, T9, T10, L2) über zahlreiche Verbindungen mit großen Verbindungsgewichten.

4. *Welche Verbindungen bestehen zwischen den Komponenten der Formatio reticularis und den übrigen Hirnstamm Regionen?*

KF, PB, und PNC, PNO sind einige Komponenten des Netzwerkes der Formatio reticularis. KF sowie PB weisen vermehrt efferente Projektionen und PB, Pontine reticular nucleus oral part und caudal part weisen relativ viele afferente Hirnstammverbindungen auf.

5. *Wie stark sind intrinsische und extrinsische reziproke Verbindungen des Hirnstamms ausgebildet?*

Im intrinsischen ipsilateralen Hirnstamm-Konnektom sind 32,56% aller Verbindungen (1824 Verbindungen insgesamt mit 297 reziproken Verbindungen (1 reziproke Verbindungen besteht aus 2 entgegengesetzten Verbindungen)) und im extrinsischen Hirnstamm-Konnektom sind 27,7% aller Verbindungen (16921 Verbindungen mit 2344 reziproken Verbindungen) an der Bildung von reziproken Verbindungen beteiligt. Somit weist das intrinsische Hirnstamm-Konnektom einen etwas größeren Anteil an reziproken Verbindungen auf, als das extrinsische Hirnstamm-Konnektom.

6. *Wie sieht eine Rangbildung von lokalen Parametern (Bedeutsamkeit und Vulnerabilität von Hirnstamm-Regionen im intrinsischen Netzwerk) aus?*

Von zahlreichen lokalen Netzwerkparametern wurde ein mittlerer Rang berechnet, der mit der Bedeutung einer Region im Konnektom vergleichbar ist. Den kleinsten Rangwert und damit den höchsten Rang nimmt die Rostral ventral respiratory group ein, gefolgt vom Raphe obscurus Kerngebiet, dem Kölliker-Fuse nucleus und auf Rang 4 liegt der Spinal trigeminal nucleus caudal part. Für die Vulnerabilität sieht die Position der Hirnstamm-Regionen bezüglich geordneter bzw. sortierter Ränge so aus, dass der

Edinger-Westphal Kern die höchste Vulnerabilität aufweist. Wird diese Region aus dem Netzwerk entfernt, nimmt der mittlere Abstand und damit die Erreichbarkeit über kurze Distanzen zwischen den verbliebenen 221 Kerngebieten am stärksten zu. Danach folgen der Locus coeruleus, der Central nucleus of the inferior colliculus und die Rostral ventral respiratory group.

## 5 Literaturverzeichnis

Axer M, Amunts K, Grässel D, Palm C, Dammers J, Axer H, Pietrzyk U, Zilles K (2011) A novel approach to the human connectome: ultra-high resolution mapping of fiber tracts in the brain. *Neuroimage* 54: 1091-1101.

Baer KE (1837) *Über Entwicklungsgeschichte der Thiere. Beobachtung und Reflexion. Teil 2* (Bornträger, Königsberg). S. 102-104.

Bailey P, De Barenne JCD, Garol HW, McCulloch WS (1940) Sensory cortex of chimpanzee. *J Neurophysiol* 3: 469-485.

Bailey P, von Bonin H (1951) *The isocortex of man*. Urbana, University of Illinois Press.

Baldock RA, Burger A (2008) Anatomical Ontologies: Linking Names to Places in Biology. In: Burger A, Davidson D, Baldock R (Hrsg.) (2008) *Anatomy Ontologies for Bioinformatics. Computational Biology Series 6*: 197-211.

Basser PJ, Özarslan E (2009) Introduction to diffusion MR. In: Johansen-Berg H, Behrens TE (Hrsg.) (2009) *Diffusion MRI - From quantitative measurement to in-vivo neuroanatomy*. Academic Press, 3-10.

Beier KT, Steinberg EE, DeLoach KE, Xie S, Miyamichi K, Schwarz L, Gao XJ, Kremer EJ, Malenka RC, Luo L (2015) Circuit Architecture of VTA Dopamine Neurons Revealed by Systematic Input-Output Mapping. *Cell*. 162: 622-634.

Bota M, Dong HW, Swanson LW (2012). Combining collation and annotation efforts toward completion of the rat and mouse connectomes in BAMS. *Front. Neuroinform.* 6: 2.

Bowden DM, Dubach M (2005) Neuroanatomical Nomenclature and Ontology. In: Koslow SH, Subramaniam S (Hrsg.) (2005) *Databasing the Brain*. Wiley-Liss: 27-45.

Bowden DM, Dubach M, Park J (2007) Creating Neuroscience Ontologies. In: Crasto CJ (Hrsg.) (2007) *Neuroinformatics (Methods in Molecular Biology)*. Humana Press, Totowa 401: 67-87.

Brett-Green B, Fifkova E, Larue DT, Winer JA, Barth DS (2003) A multisensory zone in rat parietotemporal cortex: intra- and extracellular physiology and thalamocortical connections. *J Comp Neurol* 460: 223-237.

Brevik A, Leergaard TB, Svanevik M, Bjaalie JG (2001). Three-dimensional computerised atlas of the rat brain stem precerebellar system: approaches for mapping, visualization, and comparison of spatial distribution data. *Anat Embryol* 204: 319-332.

Brunschwig H (1525) *The noble experyence of the vertuous handy warke of surgeri (...)*. Treueris, London.

Burdach CF (1822) *Vom Baue und Leben des Gehirns. Zweyter Band*. Dyk'sche Buchhandlung, Leipzig.

Büttner-Ennever JA, Horn AKE (2014) Olszewski and Baxter's Cytoarchitecture of the Human Brainstem. 3. Aufl., Karger, Basel.

Burns G (1997) Neural connectivity of the rat: Theory, methods and applications. Dissertation, Magdalen College, Oxford.

Callaway EM, Katz LC (1993) Photostimulation using caged glutamate reveals functional circuitry in living brain slices. *Proc Natl Acad Sci* 90: 7661-7665.

Cho RH, Segawa S, Mizuno A, Kaneko T (2004) Intracellularly labeled pyramidal neurons in the cortical areas projecting to the spinal cord. I. Electrophysiological properties of pyramidal neurons. *Neurosci Res* 50:381-394.

Chung JR, Sung C, Mayerich D, Kwon J, Miller DE, Huffman T, Keyser J, Abbott LC, Choe Y (2011) Multiscale exploration of mouse brain microstructures using the knife-edge scanning microscope brain atlas. *Front Neuroinform* 5: 29.

Chung K, Wallace J, Kim SY, Kalyanasundaram S, Andalman AS, Davidson TJ, Mirzabekov JJ, Zalocusky KA, Mattis J, Denisin AK, Pak S, Bernstein H, Ramakrishnan C, Grosenick L, Gradinaru V, Deisseroth K. Chung K, Wallace J, Kim SY, Kalyanasundaram S, Andalman AS, Davidson TJ, Mirzabekov JJ, Zalocusky KA, Mattis J, Denisin AK, Pak S, Bernstein H, Ramakrishnan C, Grosenick L, Gradinaru V, Deisseroth K (2013) Structural and molecular interrogation of intact biological systems. *Nature* 497: 332-337.

Da Fortuna Costa L, Rodrigues FA, Hilgetag CC, Kaiser M (2009) beyond the average: Detecting global singular nodes from local features in complex networks. *EPL* 87: 18008.

Diestel E (2006) Graphentheorie. 3. Aufl., Springer, Berlin, Heidelberg.

Dusser de Barenne JG, McCulloch WS (1938) Functional organization in the sensory cortex of the monkey. *J Neurophysiol* 1: 69-85.

Dusser de Barenne JG, McCulloch WS (1939) Physiological delimitation of neurones in the central nervous system. *Am J Neurophysiol* 127: 620-628.

Duvernoy HM (1995) The human brain stem and cerebellum. Springer, Wien New York.

Echtermeier C, da Fontoura Costa L, Rodrigues F, Kaiser M (2011) Automatic Network Fingerprinting through Single-Node Motifs. *PLoS ONE* 6: e15765.

Farber IC, Grinvald A (1983) Identification of presynaptic neurons by laser photostimulation. *Science* 222: 1025-1027.

Felleman DJ, Van Essen DC (1991) Distributed hierarchical processing in primate visual cortex. *Cereb Cortex* 1: 1-47.

Fink RP, Heimer L (1967) Two methods for selective silver impregnation of degenerating axons and their synaptic endings in the central nervous system. *Brain Res* 4: 369-374.

Galen (c173) On the Usefulness of the Parts of the Body. Translated from the Greek with an Introduction and Commentary by M.T. May (Cornell University Press, Ithaca), 1968.

Gerhard S, Daducci A, Lemkaddem A, Meuli R, Thiran J and Hagmann P (2011). The connectome viewer toolkit: an open source framework to manage, analyze and visualize connectomes. *Front Neuroinform* 5: 3.

Geerling JC, Mettenleiter TC, Loewy AD (2006) Viral tracers for the analysis of neural circuits. In: Zaborszky L, Wouterlood FG, Lanciego JL (Hrsg.) (2006) *Neuroanatomical Tract-Tracing 3, Molecules, Neurons, and Systems*. S. 263-303, Springer.

Hagmann P (2005) *From Diffusion MRI to Brain Connectomics*. Dissertation, École Polytechnique Fédérale de Lausanne.

Hagmann P, Cammoun L, Gigandet X, Gerhard S, Grant PE, Wedeen V, Meuli R, Thiran JP, Honey CJ, Sporns O (2010) MR connectomics: Principles and challenges. *J Neurosci Methods* 194: 34-45.

Haller Av (1747) *Primae Lineae Physiologiae in Usum Praelectionum Academicarum*. Vandenhoeck, Göttingen.

Hammer S, Monavarfeshani A, Lemon T, Su J, Fox MA (2015) Multiple Retinal Axons Converge onto Relay Cells in the Adult Mouse Thalamus. *Cell Rep* 12: 1575-1583

Hayworth KJ, Kasthuri N, Schalek R, Lichtman JW (2006) Automating the collection of ultrathin serial sections for large volume TEM reconstructions. *Microsc Microanal* 12: 86-87.

Johansen-Berg H, Behrens TE (Hrsg.) (2009) *Diffusion MRI: from quantitative measurement to in-vivo neuroanatomy*. Academic Press.

Kamper L (2004) *Analyse und Computersimulation der Organisation und funktionellen Bedeutung thalamo-präfrontaler Projektionen*. Medizinische Dissertation. Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf.

Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM (2000) *Principles of neural science*. McGraw-Hill Medical, 4. Aufl.

Kaiser M (2011) A tutorial in connectome analysis: topological and spatial features of brain networks. *Neuroimage* 57: 892-907.

Klee MR, Shirasaki T, Nakaye T, Akaike N, Melikov EN (1992) Interaction of strychnine and bicuculline with GABA- and glycine-induced chloride currents in isolated CA1 neurons. In: *Epilepsy and Inhibition*. Speckmann EJ, Gutnick MJ. München, Urban & Schwarzenberg: 93-106.

Köbber C, Apps R, Bechmann I, Lanciego JL, Mey J, Thanos S (2000) Current concepts in neuroanatomical tracing. *Prog Neurobiol* 62: 327-351.

Kötter R, Reid AT, Krumnack A, Wanke E, Sporns O (2007) Shapley Ratings in Brain Networks. *Front Neuroinf* 1:2.

Kuenzle H (2009) Tracing thalamo-cortical connections in tenrec: a further attempt to characterize poorly differentiated neocortical regions, particularly the motor cortex. *Brain Res* 1253: 35-47.

Lichtman JW, Livet J, Sanes JR. (2008) A technical approach to the connectome. *Nat Rev Neurosci* 9: 417-422.

Livet J, Weissman TA, Kang H, Draft RW, Lu J, Bennis RA, Sanes JR, Lichtman JW (2007) Transgenic strategies for combinatorial expression of fluorescent proteins in the nervous system. *Nature* 450: 56-62.

Loewy AD (1998) Viruses as transneuronal tracers for defining neural circuits. *Neurosci Biobehav Rev* 22: 679-684.

Marcus DS, Harwell J, Olsen T, Hodge M, Glasser MF, Prior F, Jenkinson M, Laumann T, Curtiss SW, Van Essen DC (2011) Informatics and data mining tools and strategies for the human connectome project. *Front Neuroinform.* 5: 4.

McAuley JJ, da Fontoura Costa L, Caetano TS (2007) The rich-club phenomenon across complex network hierarchies. *Appl Phys Lett*, 91, 084103.

McCormick BH (2002) Brain tissue scanner enables brain microstructure surveys. *Neurocomputing* 44: 1113-1118.

McCormick BH, Koh W, Choe Y, Abbott LC, Keyser J, Mayerich D, Melek Z, Doddapaneni P (2004) Construction of anatomically correct models of mouse brain networks. *Neurocomputing*, 58-60: 379-386.

Meessen H, Olszewski J (1949) A cytoarchitectonic atlas of the rhombencephalon of the rabbit. S. Karger, Basel, New York.

Meinhardt J (2017) Das Konnektom des Cortex cerebri der Ratte. Dissertation, Institut für Anatomie, Universität Rostock.

Michalak TP, Aadithya KV, Szczepanski PL, Ravindran B, Jennings NR (2013) Efficient computation of the Shapley value for game-theoretic network centrality. *J Art Intell Res* 46, 607-650.

Moldrich RX, Pannek K, Hoch R, Rubenstein JL, Kurniawan ND, Richards LJ (2010) Comparative mouse brain tractography of diffusion magnetic resonance imaging. *Neuroimage* 51: 1027-1036.

Naidich TP, Duvernoy HM, Delman BN, Sorensen AG, Kollias SS, Haacke EM (2009) Duvernoy's atlas of the human brain stem and cerebellum. Springer, Wien, New York.

Nauta WJH, Gygax PA (1954) Silver impregnation of degenerating axons in the CNS. A modified technique. *Stain Technol* 29: 91-93.

Nieuwenhuys R, Ten Donkelaar HJ, Nicholson C (1998) The central nervous system of vertebrates. Volume 3, S. 1903ff. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, New-York.

Olszewski J (1954) The cytoarchitecture of the human reticular formation. In: Brain Mechanisms and Consciousness. S. 54-80. Blackwell, Oxford. Karger, New York.

Olszewski J und Baxter D (1954) Cytoarchitecture of the human brain stem. S. 12ff, Karger, New York.

Palm C, Axer M, Grassel D, Dammers J, Lindemeyer J, Zilles K, Pietrzyk U, Amunts K (2010) Towards Ultra-high resolution fibre tract mapping of the human brain – Registration of polarised light images and reorientation of fibre vectors. *Front Hum Neurosci* 23: 4-9.

Paxinos G, Huang X-F (1995) Atlas of the human brainstem. Academic Press, San Diego.

Paxinos G (Ed.) (2004) The rat nervous system. Section III. Brainstem and cerebellum. 3rd Ed. Elsevier USA: 167-331.

Paxinos G, Watson C (2015) The rat brain in stereotaxic coordinates. 7. Aufl., Elsevier, Amsterdam.

Philipp K (2012) Das Amygdala Konnektom der Ratte. Medizinische Dissertation. Universität Rostock.

Pitkänen A (2000) Connectivity of the rat amygdaloid complex. In: Aggleton JP (Hrsg) The amygdala: a functional analysis. Oxford, 31-115.

Rehkämper G, Necker R, Nevo E (1994) Functional anatomy of the thalamus in the blind mole rat *Spalax ehrenbergi*: an architectonic and electrophysiologically controlled tracing study. *J Comp Neurol* 347: 570-584.

Reijneveld JC, Ponten SC, Berendse HW, Stam CJ (2007) The application of graph theoretical analysis to complex networks in the brain. *Clin Neurophysiol* 118: 2317-2331.

Rubinov M, Sporns O (2010) Complex network measures of brain connectivity: uses and interpretations. *Neuroimage* 52: 1059-1069.

Ruigrok TJH (2004) Precerebellar nuclei and red nucleus. In: Paxinos G (Ed.) (2004) The rat nervous system. 3rd Ed. Elsevier USA: 167-204.

Schmitt O, Eipert P, Kettlitz R, Leßmann F, Wree A (2016) The connectome of the basal ganglia. *Brain Struct Funct* 221: 753-814.

Schwalbe G (1881) Lehrbuch der Anatomie des Menschen. Die Lehre vom Nervensystem. Zweiter Band, zweite Abteilung. Besold Verlag, Erlangen.

Schwarz LA, Miyamichi K, Gao XJ, Beier KT, Weissbourd B, DeLoach KE, Ren J, Ibanes S, Malenka RC, Kremer EJ, Luo L (2015) Viral-genetic tracing of the input-output organization of a central noradrenaline circuit. *Nature* 524: 88-92.

Schmitt O, Eipert P (2012) neuroVIISAS: Approaching Multiscale Simulation of the Rat Connectome. *Neuroinformatics* 10: 243-267.

Schmitt O, Eipert P, Philipp K, Kettlitz R, Fuellen G, Wree A (2012a) The intrinsic connectome of the rat amygdala. *Front Neural Circuits* 6: 81.

Schmitt O, Eipert P, Kettlitz R, Leßmann F, Wree A (2016) The connectome of the basal ganglia. *Brain Struct Funct* 221:753-814.

Sohn Y, Choi MK, Ahn YY, Lee J, Jeong J (2011) Topological cluster analysis reveals the systemic organization of the *Caenorhabditis elegans* connectome. *PLoS Comput Biol* 7: e1001139.

Sporns O (2011a) The human connectome: a complex network. *Ann N Y Acad Sci* 1224: 109-125.

Sporns O (2011b) *Networks of the brain*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London.

Sporns O (2012) *Discovering the human connectome*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London.

Squire LR (2008) *Fundamental neuroscience*. Elsevier Academic Press, 3. Aufl.

Stephan KE, Zilles K, Kötter R (2000) Coordinate-independent mapping of structural and functional data by objective relational transformation (ORT). *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 355: 37–54.

Stephan KE, Kamper L, Bozkurt A, Burns GA, Young MP, Kötter R (2001) Advanced database methodology for the Collation of Connectivity data on the Macaque brain (CoCoMac). *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 356: 1159–1186.

Stephan KE (2003) *Untersuchungen zur funktionellen Konnektivität des Gehirns*. Medizinische Dissertation. Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf.

Swanson LW (2000) Cerebral hemisphere regulation of motivated behavior. *Brain Res* 886: 113-164.

Swanson LW (2004) *Brain maps: structures of the rat brain*. 3rd edition, Elsevier, San Diego.

Sugar J, Witter MO, van Strien NM, Cappaert BL (2011) The retrosplenial cortex: intrinsic connectivity and connections with the (para)hippocampal region in the rat. An interactive connectome. *Front Neuroinf* 5: 7.

Thanos S (1997) Neurobiology of the regenerating retina and its functional reconnection with the brain by means of peripheral nerve transplants in adult rats. *Surv Ophthalmol* 42 Suppl 1: S5-S26.

Thompson RH, Swanson LW (2010) Hypothesis-driven structural connectivity analysis supports network over hierarchical model of brain architecture. *Proc Natl Acad Sci U S A* 107: 15235-15235.

Varshney LR, Chen BL, Paniagua E, Hall DH, Chklovskii DB (2011) Structural properties of the *Caenorhabditis elegans* neuronal network. *PLoS Comp Biol* 7: e1001066.



Vlachos I, Aertsen A, Kumar A (2012) Beyond statistical significance: implications of network structure on neuronal activity. *PLoS Comput Biol.* 8: e1002311.

Walker AE (1938). *The Primate Thalamus*. Chicago, University of Chicago Press.

White JG, Southgate E, Thomson JN, Brenner S (1986). The structure of the nervous system of the nematode *Caenorhabditis elegans*. *Phil Trans Royal Soc B* 314: 1–340.

Willis T (1664) *Cerebri anatome: cui accessit nervorum descriptio et usus*. Amsterdam.

Young MP (1992) Objective analysis of the topological organization of the primate cortical visual system. *Nature* 358: 152-155.

Zaborszky L, Wouterlood FG, Lanciego JL (2006) *Neuroanatomical tract-tracing 3*. Springer, Boston.

## **6 Tabellenanhang**

**Tabelle 9:** Übersicht über die Hirnnerven-Qualitäten im Hirnstamm.

	Speziell somatosensibel (Gleichgewicht, Gehör)	Allgemein somatosensibel	All./Spez. Viszerosensibel (Reize aus Eingeweiden/ Geschmack)	Speziell viszeromotorisch	Allgemein viszeromotorisch	Somatomotorisch
<b>Mesencephalon</b>		Nc. mesencephalicus n. trigemini			Nc. accessorius n. oculomotorii	Nc. n. oculomotorii Nc. n. trochelearis
<b>Pons</b>		Nc. principalis n. trigemini		Nc. motorius n. trigemini Nc. n. facialis	Nc. salivatorius sup.	Nc. n. abducentis
<b>Medulla oblongata</b>	Ncll. cochleares Ncll. vestibulares	Nc. spinalis n. trigemini	Nc. tractus solitarii	Nc. ambiguus	Nc. salivatorius inf.	Nc. n. hypoglossi

**Tabelle 10:** Funktionelle Gliederung der Hirnnervenkerne im Hirnstamm.

	Augenmuskulatur			Hören, Gleichgewicht	Kiemenbogenmuskulatur, Gesichts-Sensibilität	Kiemenbogenmuskulatur, Parasympathikus, Geschmack			Muskulatur	
Nerv	III	IV	VI	VIII	V	VII	IX	X	XI	XII
motorisch	Nc. n. oculomotorii	Nc. n. trochlearis	Nc. n. abducentis		Nc. motorius n. trigemini	Nc. n. facialis	Nucleus ambiguus		Nc. spinalis n. accessorii	Nc. n. hypoglossi
sensibel				Ncll. vestibulares Ncll. cochleares	Ncll. mesencephalicus (Propriozeption), principalis (Epikritik), spinalis (Protopathie) n. trigemini	Nc. tractus solitarii				
							Nc. spinalis n. trigemini			
parasymp.	Edinger-Westphal					Nc. salivatorius sup.	Nc. salivatorius inf.	Nc. dorsalis n. vagi		

**Tabelle 11:** Zuordnung allgemeiner Verbindungen zur Hirnnervenkernen und Qualitäten.

Von (→) oder zur (←) Region	Nucleus	Qualität	Zur oder von der Peripherie
→ Horizontale/vertikale Blickzentren + Nc. n. abducentis	Nc. n. oculomotorii	Somatomotorisch	III: Sechs äußere Augenmuskeln + Lidheber
→ Area pretectalis, Colliculi superiores	Nc. accessorius n. oculomotorii	Allgemein-viszeromotorisch (parasym.)	III: Innere Augenmuskeln
→ Horizontale/vertikale Blickzentren	Nc. n. trochlearis	Somatomotorisch	IV: M. obliquus superior
→ Horizontale Blickzentren	Nc. n. abducentis	Somatomotorisch	VI: M. rectus lateralis
← Thalamus, Kleinhirn, Rückenmark, Kerne der Augenmuskeln	Ncll. vestibulares	Speziell-somatosensibel	VIII: Vestibularorgan
← Über den Lemniscus lateralis zu den Colliculi inferiores	Ncll. cochleares	Speziell-somatosensibel	VIII: Schnecke des Innenohrs
→ Motokortex (über Fibrae corticonucleares)	Nc. motorius n. trigemini	Speziell-viszeromotorisch	V: Kaumuskulatur
← Nc. motorius n. trigemini	Nc. mesencephalicus n. trigemini	Allgemein-somatosensibel	V: propriozeptive Fasern der Kaumuskulatur
← Thalamus (über Lemniscus trigeminalis)	Nc. principalis n. trigemini	Allgemein-somatosensibel	V: epikritische Fasern der Kopfgregion
← Thalamus	Nc. spinalis n. trigemini	Allgemein-somatosensibel	V, IX, X: protopathische Fasern der Kopfgregion
→ Motokortex (über Fibrae corticonucleares)	Nc. n. facialis	Speziell-viszeromotorisch	VII: mimische Muskulatur
→ Hypothalamus (über Fasciculus longitudinalis)	Nc. salivatorius sup.	Allgemein-viszeromotorisch	VII: Glandulae submandibularis, sublingualis, Tränen- und Nasendrüsen
← Thalamus und vegetative Hirnstammzentren	Nc. tractus solitarii	Speziell-viszerosensibel	VII, IX, X: Geschmackssensoren aus der Zunge, Brust- und Bauch-Eingeweiden
→ Motokortex (über Fibrae corticonucleares)	Nc. ambiguus	Speziell-viszeromotorisch	IX, X: Pharynx- und Kehlkopfmuskulatur
→ Hypothalamus (über Fasciculus longitudinalis)	Nc. salivatorius inf.	Allgemein-viszeromotorisch	IX: Glandula parotidea
→ Hypothalamus (über Fasciculus longitudinalis), Nc. tractus solitarii	Nc. dorsalis n. vagi	Allgemein-viszeromotorisch	X: Eingeweide bis zur linken Kolonflexur
→ Motokortex (über Fibrae corticonucleares)	Nc. spinalis n. accessorii	Somatomotorisch	XI: Mm. sternocleidomastoideus, trapezius
→ Motokortex (über Fibrae corticonucleares)	Nc. n. hypoglossi	Somatomotorisch	XII: Zungenmuskulatur

**Tabelle 12:** Tract-tracing Substanzen, die in den ausgewerteten Artikeln verwendet wurden.

<i>Abkürzung</i>	<i>Tracing Substanz</i>	<i>Transportrichtung</i>
ADE	[ <sup>3</sup> H]adenosine	retrograd
AF	Alexa Fluor nonconjugated	retrograd
AF-CTB	Alexa Fluor conjugated CTB	retrograd
AMM	C14 labelled Aminoacid mix	anterograd
ASP	D-[ <sup>3</sup> H]aspartate	retrograd
BDA 3k / BD	Biotinylated Dextran Amine 3000 MW	retrograd
BDA10k / BD	Biotinylated Dextran Amine 10000 MW = Dextran Biotin	anterograd
BIO	Biocytin	anterograd/retrograd
BIS	Bisbenzamide	retrograd
B-WGA	Biotin-wheat germ agglutinin	retrograd
CHOL	[ <sup>3</sup> H]Choline	retrograd
CLC	Cobaltic lysine complex	anterograd
COL	Coumarin latex spheres	retrograd
CT, CTX, CTB, CTb	Cholera toxin subunit B	retrograd
CT-HRP	Cholera toxin subunit B conjugated with horseradish peroxidase	anterograd/retrograd
CTB488	Cholera toxin subunit B conjugated with Alexa 488	retrograd
CVS	Challenge virus strain of rabies virus	retrograd
DA3kDA	Dextran amin 3000 Mw	anterograd
DAPI	4',6-Diamidin-2-phenylindol	retrograd
DiA	4-(4-(dihexadecylamino)styryl)-N-methylpyridiniumiodide	retrograd
DiI	Lipophilic carbocyanine tracer	anterograd
DIL	Diiodo-3,3',3,3'-tetramethylindocarbocyanine perchlorat	anterograd/retrograd
DR	Doxorubicin = Adriamycin (neurotoxic antibiotic)	retrograd
DTX	Dextran tetramethyl-rhodamine	anterograd
DY	Diamidino Yellow	retrograd
EB	Evans Blue	retrograd
FB	Fast blue	retrograd
FCM	Fluorescein-coated microspheres	retrograd
FDA	Dextran amin conjugated fluorescein	anterograd
FE	Fluoro-Emerald	retrograd
FG	Fluorogold	retrograd
FG, FL-Gr	Fluoro-Green	retrograd
FR, FL-Re	Fluoro-Red	retrograd
FLB	Fluorescein labeled latex beads, Fluorescent latex microspheres	retrograd
FITC	Fluorescein-isothiocyanate conjugated microspheres	retrograd
FRub	Fluoro-Ruby	anterograd/retrograd
GAB	[ <sup>3</sup> H]GABA	retrograd
GB	Granular Blue	retrograd
GLY	[ <sup>3</sup> H]Glycin	retrograd
GOLD	Colloquial gold	retrograd
HRP	Horseradish peroxidase	retrograd
HRP-lectin	Horseradish peroxidase lectin	retrograd
ID	Iron dextran	retrograd
LEU	[ <sup>3</sup> H]Leucin	anterograd
[ <sup>3</sup> H]MPTP	1-methyl-4-phenyl-1,2,3,6-tetrahydropyridine	retrograd
MIX	[ <sup>3</sup> H]Prolin -[ <sup>3</sup> H]Leucin -[ <sup>3</sup> H]Lysine	anterograd
MN2Cl	Mangan Chlorid	anterograd
MR	Micro Ruby = Mini Ruby	retrograd
NB	Neurobiotin	anterograd/retrograd
[125I]NT	Tyr3-Neurotensin	retrograd
NY	Nuclear yellow	retrograd
PRI	Primuline	retrograd
PI	Propidium iodide	retrograd
PHA-L	Phaseolus vulgaris leucoagglutinin	anterograd
PHA-P	Phaseolus vulgaris leucoagglutinin P-Form	anterograd
PHA-E	Phaseolus vulgaris leucoagglutinin E-Form	anterograd
PRO	[ <sup>3</sup> H]Prolin = tritiated prolin	anterograd
PROLEU	[ <sup>3</sup> H]Prolin and [ <sup>3</sup> H]Leucin mixture	anterograd
[ <sup>3</sup> H]Pro,Leu,Lys,Hist,Tyro	3H-cocktail	anterograd
RB	Rhodamine-labeled latex beads (Luma-Fluor),	retrograd

	Rhodamine-labeled fluorescent latex microspheres	
ReB	RetroBeads	retrograd
RCM	Rhodamine-coated microspheres	retrograd
RDA	Rhodamine-dextran-amine, Rhodamine-conjugate dextran	anterograd/retrograd
RFL	Radiofrequency lesion	anterograd
RHO-D	D"(tetramethylrhodamine-dextran)	anterograd
RHO-L	Rhodamine latex sphere, Rhodamine latex microspheres (Lumafluor)	retrograd
SEL	Selenium tracing	retrograd
SITS	4-acetamido-4-isothiocyanostilbene-2,2'-disulfonic acid	retrograd
SOSE	Sodium selenium ( $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ )	retrograd
TB	True Blue	retrograd
TMR-DA	Tetramethylrhodamine dextran amine	retrograd
TRITC	Tetramethylrhodamine isothiocyanate conjugated microspheres	retrograd
VASO	Vasopressin efferents of Sch and Pa	anterograd
WGA-HRP	Wheat germ agglutinin horseradish peroxidase	retrograd
WGA-Au-HRP	Wheat germ agglutinin conjugated to horseradish peroxidase coupled with gold	retrograd

**Tabelle 13:** Typische Wichtungs-Begriffe (Verbindungsgewichte) in Tract-Tracing Publikationen und deren semiquantitative Kodierung. BG: Background.

0	0,5	1	2	3	4
absence of terminal labeling	few faintly labeled	a few labeled	an accumulation of	a significant number of	a very large number of
absent	few, if any, labeled cells	a number of	an appreciable number	clearly visible at lower power magnification	dense collection of
almost free of label	extremely lightly	a small path of labeling	certain number	clumps of labeled fibers	extremely intense
clearly tend to avoid	just greater BG	conspicuous	fair projection	considerable number of	heavy localised clumps of innervation
completely free of labeled cells	minimal	did not projects strongly	labelled cells are prominent	crowed with terminal-like labeling	numerous intensely labelled
devoid of labeled fibers	much lighter	diffuse projections	mid level	dense fields of	very dense
devoid of reaction product	ocassionally	diffusely distributed	moderate	dense labeling	strikingly dense
largely devoid of fibers	occasional labbeled	discrete collection of	moderately dense	especially prominent	
largely free of innervation	only sparsely	discrete population of labeled cells	moderately heavy	extensive labeling	
negliable	rare	disperse fibers	moderate proportion of labeled	fibers are very concentrated	
negligible quantity of labeled cells	receive very little label	distinct groups of neurons	relative significantly	fibers heavily fill	
neither injection site produced sign. labeling	relative free of label	few	several labeled	filled with densely labeled cells	
nil	scant	few scattered	their numbers are more modest	heaviest terminal labeling	
no labeling	scanty innervated	gave rise to less labeling		heavy labeled	
remains void of labelled fibers	some disperse fibers	label was seen in patches		high density	
totally unlabelled	very light	label was reliably found		high concentration of terminals	
unlabeled	very lightly	light density of		high proportion of labeled neurons	
	very little fiber labelling	light projection		important contingent	
	very minor labeling	lightly labeled		impressive number of	
	very modest	limited number of		intense terminal label	
	very rarely	low		labeled fibrs were concentrated	
	very sparse	minor projection		labelling was strong	
	very scarce	modest projection		large numbers of	
		occasional labbeled		large proportion of labeled neurons	
		only a minor portion		many intensively labeled	
		paucity of stained elements		massive input	
		relatively few		most numerous	
		scant		most richly supplied area	
		scarce		much greater density	
		scattered		numerous labeled	
		significant contralateral label		produced pronounced labeling	
		slightly more pronounced		produce substantial numbers of	
		smal sliver show terminal labeling		profuse axonal labeling	
		small number of		prominent accumulation of	
		small population of lightly neurons		prominent aggregation	
		some		prominent axonal labeling	
		some disperse labeling		prominent group of labeled cells	
		some labeled		prominent terminal field	
		sometimes		prominent terminal-like	
		sparse		relative high density of	
		weak		relative numerous	
		weak axonal label		relative prominent collection of labeled cells	
				relative prominent labeling	
				rich source, richly supplies efferents	
				significant portion	
				sizable numbers of neurons	
				strong bundle of, strong labeling was	
				substantial number of	

**Tabelle 14:** Abkürzungen der Regionen des BS-Konnektoms (rot) und extrinsischer Regionen.

Abk.	Region
6	Abducens nucleus
7	Facial nucleus
10	Dorsal motor nucleus of vagus
10Cerv	Cervical vagus nerve
10n	Vagus nerve or its root
10Psub	Subdiaphragmatic vagus nerves
<b>12GH</b>	<b>Hypoglossal nucleus geniohyoid part</b>
<b>12n</b>	<b>Root of hypoglossal nerve</b>
12S	Hypoglossal nucleus
12SC	Caudal part of the hypoglossal nucleus
12SMM	Midline part of the hypoglossal nucleus
12Spre	Hypoglossal premotor areas
12Sprinmn	Hypoglossal nucleus motor neuron
12SVm	Medial subcompartment of the ventral compartment of the hypoglossal nucleus
<b>3n</b>	<b>Oculomotor nerve or its root</b>
3PC	Oculomotor nucleus parvicellular part
<b>4n</b>	<b>Trochlear nerve or its root</b>
<b>4Sh</b>	<b>Trochlear nucleus shell region</b>
<b>5ADT</b>	<b>Motor trigeminal nucleus anterior digastric part</b>
5Gn	Trigeminal ganglion
5GnCOM	Caudal area of the ophthalmomaxillary region of the trigeminal ganglion
5GnMa	Mandibular region of the trigeminal ganglion
5GnMaEm	Mandibular region of the trigeminal ganglion at the level of the entry of the mandibular nerve
5GnROM	Rostral area of the ophthalmomaxillary region of the trigeminal ganglion
5GnS	Superficial part of the trigeminal ganglion
5GnV2	Maxillary region of the trigeminal ganglion
<b>5Ma</b>	<b>Motor trigeminal nucleus masseter part</b>
<b>5MHy</b>	<b>Motor trigeminal nucleus mylohyoid part</b>
<b>5Pt</b>	<b>Motor trigeminal nucleus pterygoid</b>
<b>5Sol</b>	<b>Trigeminal solitary transition zone</b>
5SSC	Trigeminal subnucleus caudalis
5SSCD	Dorsal part of the pars caudalis of the trigeminal nucleus
5SSCL1	Trigeminal subnucleus caudalis lamina 1
5SSCL3	Trigeminal subnucleus caudalis lamina 3
5SSCL4	Trigeminal subnucleus caudalis lamina 4
5SSCL5	Trigeminal subnucleus caudalis lamina 5
5SSCV	Trigeminal subnucleus caudalis ventral part
<b>5Te</b>	<b>Motor trigeminal nucleus temporal part</b>
<b>5Tr</b>	<b>Trigeminal transition zone</b>
<b>5TT</b>	<b>Motor trigeminal nucleus tensor tympani part</b>
<b>6n</b>	<b>Root of abducens nerve</b>
<b>6RB</b>	<b>Abducens nucleus retractor bulbi part</b>
7c	Facial nucleus caudal part
7DI	Facial nucleus dorsal intermediate subnucleus
7DL	Facial nucleus dorsolateral subnucleus
7DM	Facial nucleus dorsomedial subnucleus
7fn	Facial nerve
7fnc	Cervical branch of the facial nerve
7fnp	Facial nerve posterior branch
7fnpa	Posterior auricular branch of the facial nerve
7fnz	Zygomatic branch of the facial nerve
7i	Facial nucleus intermediate part
7L	Facial nucleus lateral subnucleus
7M	Facial nucleus medial part
<b>7ni</b>	<b>Nervus intermedius component of the facial nerve</b>
7ros	Facial nucleus rostral part
<b>7SH</b>	<b>Facial nucleus styloid part</b>
7VI	Facial nucleus ventral intermediate subnucleus
7VM	Facial nucleus ventromedial subnucleus
8cn	Cochlear root of the vestibulocochlear nerve
8n	Vestibulocochlear nerve
<b>8vn</b>	<b>Vestibular root of the vestibulocochlear nerve</b>
9n	Glossopharyngeal nerve
9Sr	Glossopharyngeal rootlet
A1	A1 noradrenergic cells
A2	A2 noradrenergic cells
A35	Perirhinal cortex
A35	Medial habenular nucleus
A5	A5 noradrenaline cells
A5	Spinal cord layer 2 T13
A7	A7 noradrenaline cells
Ac	Accumbens nucleus
AC	Amygdaloid complex
AcbC	Accumbens nucleus core
AcbCM	Caudomedial accumbens
AcbCr	Rostral core



AcbM	Medial accumbens
AcbSh	Accumbens nucleus shell
AcbShm	Medial accumbens shell
ACC	Ventrolateral periaqueductal gray rostral part
ACC	Anterior cingulate cortex
Acl	Lateral nucleus accumbens
Acs7	Accessory facial nucleus
AEMCx	Ankle extension motor cortex
aemn	Anterior ethmoidal nerve
AGl	Lateral agranular prefrontal cortex
AGm	Medial agranular prefrontal cortex
AHA	Anterior hypothalamic area
AI	Agranular insular cortex
AID	Agranular insular cortex dorsal part
AIN	Anterior interposed nucleus
AINL	Anterior interposed nucleus lateral part
AINM	Anterior interposed nucleus medial part
AIPd	Agranular insular cortex posterior part depressor site
AmbC	Ambiguus nucleus compact part
AmbL	Ambiguus nucleus loose part
Ambno	Ambiguus nucleus nonoesophageal part
Ambppp	Ambiguus nucleus palatopharyngeal portion
AmbR	Ambiguus nucleus rostral part
<b>AmbSC</b>	<b>Ambiguus nucleus subcompact part</b>
AmbSec	Ambiguus nucleus semicompact formation
AOBc	Accessory olfactory bulb caudal part
aorticn	Aortic nerve
AOSdt	Dorsal terminal nucleus of the accessory optic system
AP	Area postrema
aPavPo	Paraventricular hypothalamic nucleus anterior parvicellular subdivision
APIRC	Anterior piriform cortex
APT	Anterior pretectal nucleus
APTca	Anterior pretectal nucleus caudal part
APTro	Anterior pretectal nucleus rostral part
Arc	Arcuate nucleus
ArcVM	Septohypothalamic nucleus
<b>asc7</b>	<b>Ascending fibers of the facial cranial nerve</b>
ASCi	Anterior part of superior colliculus intermediate layers
AStrrc	Amygdalostratial transition area rostrocaudal part
ATg	Anterior tegmental nucleus
ATg	Parabrachial nucleus
ATN	Anterior group of the dorsal thalamus
AU	Auditory regions
Au1	Primary auditory cortex
Au1AD	Dorsal part of anterior primary auditory cortex
Au1av	Primary auditory cortex anteroventral part
Au1Ce	Center of the primary auditory cortex
Au1cv	Primary auditory cortex caudoventral part
Au1D	Dorsal primary auditory cortex
Au1L5b	Primary auditory cortex layer 5 b
Au1L5mi	Primary auditory cortex middle part of layer 5
Au1MDRL5	Dorsorostral part of the medial primary auditory cortex layer 5
Au1MVC	Ventrocaudal part of the medial primary auditory cortex
Au1PV	Ventral part of the posterior field of the primary auditory cortex
Au1RL5b	Primary auditory cortex rostral part layer 5b
Au2R	Rostral half of the secondary auditory cortex
AuD	Secondary auditory cortex dorsal area
AutoCsn	Carotid sinus nerve
AutoGsm	Submandibular ganglion
AutoNoG	Nodose ganglion
AutoParGPT	Pterygoid ganglion
AutoPpG	Pterygopalatine ganglion
AutoVsn	Supranodosal vagus nerve
AV	Anteroventral thalamic nucleus
AVC	Anterior part of the ventral cochlear nucleus
AVCOND	Dorsal part of the anteroventral cochlear nucleus
AVCONv	Ventral part of the anteroventral cochlear nucleus
AVPV2	Anteroventral periventricular nucleus 2
B9	B9 serotonin cells
BAF	Basal forebrain
Bar	Barringtons nucleus
bic	Brachium of the inferior colliculus
BIC	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus
BICOL	Basal part of the inferior colliculus
BL	Basolateral amygdaloid nucleus
BL	Tympanic bulla
BmcR	Laterodorsal tegmental nucleus
BNSTvL	Bed nucleus of the stria terminalis ventral lateral part

Bo	Boetzing complex
<b>bsc</b>	<b>Brachium of the superior colliculus</b>
BST	Bed nucleus of the stria terminalis
BSTevih	Caudo-ventral extension of the intrahypothalamic component of the bed nucleus of the stria terminalis
BSTDl	Bed nucleus of the stria terminalis dorsolateral part
BSTLD	Bed nucleus of the stria terminalis lateral division dorsal part
BSTmc	Bed nucleus of the stria terminalis magnocellular nucleus
BSTpr	Bed nucleus of the stria terminalis principal nucleus
BSTsco	Bed nucleus of the stria terminalis supracommissural part
BSTSl	Supracapsular bed nucleus of the stria terminalis lateral part
BSTV	Bed nucleus of the stria terminalis posterior division ventral nucleus
BVNT	Basal portion of the ventral complex of thalamic nuclei
C1	C1 adrenaline cells
c1c2a	C1 C2 anastomosis suboccipital nerve dorsal spinal nerve C2
C1ZO	C1-zone
C2	C2 adrenaline cells
C3	C3 adrenaline cells
CA3	Field CA3 of hippocampus
CaBo	Carotid body
CauT	Caudal thalamus
ccAGm	Caudal portion of the caudal medial agranular prefrontal cortex
Ce	Central amygdaloid nucleus
CEC	Cerebral cortex
CeCvC3	Central cervical nucleus C3
CeCvC4	Central cervical nucleus C4
CeCvC5	Central cervical nucleus C5
CeCvC6	Central cervical nucleus C6
CeL	Central amygdaloid nucleus lateral division
CeM	Central amygdaloid nucleus medial division
CeMR	Central amygdaloid nucleus medial division rostral part
CERcndI	Dorsolateral hump
CERCPAL8	Paravermal area lobule 8
CEREBH	Cerebellar hemisphere
CERlc	Interstitial cell groups
CERL	Lateral cerebellar nucleus
CERL1	Cerebellar lobule 1
CERL10im	Intermediate part of nodulus
CERL10imM	Intermediate to the medial part of the nodulus
CERL10La	Lateral part of the nodulus
CERL10mC	Midline part of the nodulus at the caudal level
CERL10mL	Mediolateral level of the nodulus
CERL2	Cerebellar lobule 2
CERL3	Cerebellar lobule 3
CERL3aC3	Cerebellar lobule 3a zone C3
CERL4	Cerebellar lobule 4
CERL5	Cerebellar lobule 5
CERL6	Cerebellar lobule 6
CERL6c	Cerebellar lobule 6c
CERL8	Cerebellar lobule 8
CERL8C2	Cerebellar lobule 8 zone C2
CERL9	Cerebellar lobule 9
CERL9acM	Cerebellar lobule 9a close to midline
CERL9bZ	Cerebellar lobule 9b zones
CERL9ccM	Cerebellar lobule 9c close to midline
CERLD	Dorsal part of lateral cerebellar nucleus
CERLdl	Lateral cerebellar nucleus dorsolateral magnocellular portion
CERpin	Posterior interposed nucleus
CERpinSC	Small cell region of the posterior interposed nucleus
CEXA	Central extended amygdala group
CFMA	Caudal forelimb motor area
Cg	Cingulate cortex
CG	Dorsolateral reticular formation
CGA	Central gray alpha part
<b>CGB</b>	<b>Central gray beta part</b>
CGDL	Central gray dorsolateral part
<b>CGG</b>	<b>Central gray gamma part</b>
CGMint	Dentate gyrus
CGMvm	Central gray mesencephalic part ventromedial part
CGMvm	Paraventricular hypothalamic nucleus parvicellular part [Periventricular zone anterior region]
CGP	Central gray pons part
<b>CI</b>	<b>Caudal interstitial nucleus of the medial longitudinal fasciculus</b>
CIC	Central nucleus of the inferior colliculus
cic	Commissure of the inferior nucleus
CICC	Center of the central nucleus of the inferior colliculus
CICD	Central nucleus of the inferior colliculus dorsal part
CICR	Central nucleus of the inferior colliculus rostral part
CICV	Central nucleus of the inferior colliculus ventral part
CICVM	Ventromedial part of the central nucleus of the inferior colliculus

<b>CIF</b>	<b>Compact interfascicular nucleus</b>
Cistcm	Cisterna cerebellomedullaris
CLi	Caudal linear nucleus of the raphe
cll	Commissure of the lateral lemniscus
CLTF	Caudal lateral tegmental field
CM	Central medial thalamic nucleus
CMAM	Mammillary body
cmCG	Caudal most central grey
cmTGA	Caudal magnocellular tegmental field
CnFD	Cuneiforme nucleus dorsal part
<b>CnFI</b>	<b>Cuneiforme nucleus intermediate part</b>
CnFm	Cuneiforme nucleus medial part
<b>CnFV</b>	<b>Cuneiforme nucleus ventral part</b>
CO	Cochlea
Com	Commissural nucleus of the inferior colliculus
CON	Cochlear nucleus
CONim	Cochlear nucleus intermediate part
cop	Commissure of Probst
CopC1e1+	Copula of the pyramis C1 e1+ zebrin zone
CORN	Cochlear root neurons
<b>CPO</b>	<b>Caudal periolivary nucleus</b>
CPu	Caudate putamen
CPuc	Caudal striatum
CPud	Dorsal striatum
CPudmd	Dorsally in the medial part of the dorsal striatum
CPur	Rostral striatum
CPurd	Rostrrodorsal striatum
CPuv	Ventral striatum
CrisVHC	Vestibular hair cells of crista
Crus1	Ansiform lobule crus 1
Crus1pv	Paravermal region of crus 1
Crus2	Ansiform lobule crus 2
Crus2aP-5a	Ansiform lobule crus 2a zebrin negative bands P- 5a
CS1	Cervical segment 1
CS2	Cervical segment 2
CS3	Cervical segment 3
CS5	Cervical segment 5
CS6	Cervical segment 6
CS7	Cervical segment 7
csc	Commissure of the superior colliculus
CSegEd	Cervical enlargement dorsal horn
csLn	Caudal branch of the superior laryngeal nerve
<b>Ct</b>	<b>Conterminal nucleus</b>
CTCL	Caudal tectal longitudinal column
Cu	Cuneate nucleus
<b>CuLa</b>	<b>Cuneate nucleus lateral part</b>
CuMED	Cuneate nucleus medial part
<b>CuR</b>	<b>Cuneate nucleus rotundus part</b>
CVL	Caudovertral reticular nucleus
CVLMl	Caudal ventrolateral medulla lateral part
CVLP	Caudal ventrolateral pons
CVMeO	Caudal ventral medulla oblongata
CVMMCM	Caudovertral border of the medial cerebellar nucleus middle subdivision
CVRG	Caudovertral respiratory group
DA	Dorsal hypothalamic area
DA	Lateral part of the caudal perifornical area
das	Dorsal acoustic stria
DBB	Diagonal band of Broca
DC	Dorsal cochlear nucleus
DCDp	Dorsal cochlear nucleus deep core
DCeN	Cerebellar nuclei
DCFu	Dorsal cochlear nucleus fusiform layer
DCIC	Dorsal cortex of the inferior colliculus
DCICmLL2	Dorsal cortex of the inferior colliculus midlevel part layer 2
DCNsL	Dorsal cochlear nucleus superficial layer
DDG	Dorsal hippocampus dentate gyrus
DG	Central gray mesencephalic part intercollicular level
DG	Dentate gyrus
DGI	Dorsal granular insular cortex
DHC2	Dorsal horn C2
DHC4	Dorsal horn C4
DHL1	Dorsal horn1
DHL3	Dorsal horn3
DHL6	Dorsal horn6
DHT1	Dorsal horn T1
DHT13	Dorsal horn T13
DHT7	Dorsal horn T7
Dlv	Visceral dysgranular insular cortex

DIvCotC	Caudal part of the caudal one-third of the dysgranular insular cortex
DIvCotMi	Middle part of the caudal one-third of the dysgranular insular cortex
Dk	Nucleus of Darkschewitsch
DLGI	Dorsal geniculate nucleus lateral part
DLL	Dorsal nucleus of the lateral lemniscus
DLOFC	Dorsolateral orbitofrontal cortex
DLPAG	Dorsolateral periaqueductal gray
DLRF	Posterior part of the parvicellular reticular nucleus rostral portion
DLRF	Dorsolateral reticular formation
DLRF	Central gray
DLTN	Dorsal tegmental nucleus lateral part
DM	Dorsomedial hypothalamic nucleus [Medial zone]
DMDM	Dorsomedial hypothalamic nucleus dorsomedial part
DMHp	Dorsomedial nucleus posterior part
DMHy	Dorsomedial hypothalamic nucleus
DMHyA	Dorsomedial hypothalamic area
DMPAG	Dorsomedial periaqueductal gray
DMrhC	Area lateralis hypothalamicus posterior [Regio hypothalamus caudalis]
<b>DMSp5</b>	<b>Dorsomedial spinal trigeminal nucleus</b>
DMTg	Dorsomedial tegmental area
DoLaP	Dorsolateral pons
DP	Dorsal peduncular cortex
DPAG	Dorsal periaqueductal gray
DPAGC	Dorsal periaqueductal gray caudal part
DPAGC2	Dorsal periaqueductal gray column 2
DpG	Deep gray layer of the superior colliculus
DPGi	Dorsal paragigantocellular nucleus
DpMe	Deep mesencephalic nucleus
DpMei	Deep mesencephalic nucleus intermediate
DpMeM	Deep mesencephalic nucleus medial part
DPO	Dorsal periolivary region
<b>DPPn</b>	<b>Dorsal peduncular pontine nucleus</b>
DpWh	Deep white layer of the superior colliculus
DRC	Dorsal raphe nucleus caudal part
DRcmip	Dorsal raphe nucleus caudal midline
DRD	Dorsal raphe nucleus dorsal part
DRDc	Dorsal raphe nucleus dorsal core
DRdm	Dorsal raphe nucleus dorsomedial subdivision
DRF	Dorsal reticular formation
DRGC2	Dorsal root ganglion C2
DRGC6	Dorsal root ganglion C6
DRGL2	Dorsal root ganglion2
DRGL3	Dorsal root ganglion3
DRGL4	Dorsal root ganglion4
<b>DRI</b>	<b>Dorsal raphe nucleus interfascicular part</b>
DRlw	Dorsal raphe nucleus lateral wing
DRmLF	Dorsal raphe nucleus medial longitudinal fasciculus subdivision
DRpm	Dorsal raphe nucleus paramedian part
DRr	Dorsal raphe nucleus rostral part
DRV	Dorsal raphe nucleus ventral part
DRV	Subcoeruleus nucleus ventral part
DRvmec	Dorsal raphe nucleus ventromedial subdivision caudal part
dsmml	Dorsal surface of the medial portion of the medial lemniscus
DTg	Dorsal tegmental nucleus
DTgC	Dorsal tegmental nucleus central part
DTgP	Dorsal tegmental nucleus pericentral part
DTgVM	Dorsal tegmental nucleus ventromedial part
DTgVVM	Ventromedial part of the ventral aprt of the dorsal tegmental nucleus
dtgx	Dorsal tegmental decussation
<b>E5</b>	<b>Ectotrigeminal nucleus</b>
ECIC	External cortex of the inferior colliculus
ECICC	External cortex of the inferior colliculus caudal part
ECICL1	External cortex of the inferior colliculus layer 1
ECICL2	External cortex of the inferior colliculus layer 2
<b>ECICL3</b>	<b>External cortex of the inferior colliculus layer 3</b>
ECICrL1	External cortex of the inferior colliculus rostral part layer 1
ECICrL2	External cortex of the inferior colliculus rostral part layer 2
ECICrL3	External cortex of the inferior colliculus rostral part layer 3
ECu	External cuneate nucleus
<b>EF</b>	<b>Epifascicular nucleus</b>
<b>ELm</b>	<b>Epilemniscal nucleus</b>
<b>ERS</b>	<b>Epirubrospinal nucleus</b>
EVe	Nucleus of origin of efferents of the vestibular nerve
EW	Edinger Westphal nucleus
EWD	Edinger Westphal nucleus dorsal part
EXA	Extended amygdala
F	Nucleus of the fields of Forel
Fl	Flocculus

Flcm	Caudalmost part of the flocculus
FIR	Rostral part of the flocculus
FMCx	Forelimb motor cortex
FPCbAGI	Frontoparietal cortex at the border between lateral agranular prefrontal cortex and primary somatosensory cortex
FPI	Frontal polar cortex lateral part
fr	Fasciculus retroflexus
Fr2	Frontal cortex area 2
FrADL	Frontal association cortex dorsolateral
FS	Fundus of the striatum
Fu	Bed nucleus of the stria terminalis fusiform part
<b>FVe</b>	<b>F cell group of the vestibular complex</b>
G	Gelatinous thalamic nucleus
g7	Genu of the facial nerve
gcbbvdCON	Granule cell lamina border between ventral and dorsal cochlear nucleus
<b>Ge5</b>	<b>Gelatinous layer of the caudal spinal trigeminal nucleus</b>
GI	Granular insular cortex
GiA	Gigantocellular reticular nucleus alpha part
GlCotC	Caudal part of the caudal one-third of the granular insular cortex
GlCotM	Middle part of the caudal one-third of the granular insular cortex
GirL	Gigantocellular reticular nucleus lateral part
GiV	Gigantocellular reticular nucleus ventral part
GPc	Caudal globus pallidus
Gr	Gracile nucleus principal part
Gra	Gracile
<b>GrC</b>	<b>Granular layer of the cochlear nuclei</b>
GrVtt	Ventral two-thirds of the gracile nucleus
HAB	Habenula
HCG	Horizontal cell group of the lateral lemniscus
HDB	Nucleus of the horizontal limb of the diagonal band
HDB	Medial mammillary nucleus medial part
HFMcx	Hip flexion motor cortex
HIPP	Hippocampus
HIPPd	Dorsal hippocampus
HIPPv	Ventral hippocampus
HMCx	Hindlimb motor cortex
HYPO	Hypothalamus
I5	Intertrigeminal nucleus
<b>I8</b>	<b>Interstitial nucleus of the vestibulocochlear nerve</b>
ialv	Inferior alveolar nerve
<b>IB</b>	<b>Interstitial nucleus of the medulla oblongata</b>
icHYPO	Incerto hypothalamic area
ICN	Interposed cerebellar nuclei
ICNC	Interposed cerebellar nuclei caudal part
ICNM	Interposed cerebellar nuclei medial part
ICNMC	Medial part of the caudal interpositus nucleus
ICNR	Interposed cerebellar nuclei rostral part
ICNRoL	Lateral part of interposed cerebellar nuclei rostral part
ICOL	Inferior colliculus
ICOLCV	Ventral division of the caudal inferior colliculus
ICOLDL	Inferior colliculus dorsolateral part
ICOLDLdc	Dorsocaudal region near the dorsal cortex and lateral cortex border
<b>ICUN</b>	<b>Intracuneiform nucleus</b>
ICX	Insular cortex
ICXR	Insular cortex rostral part
IF	Interfascicular nucleus
IGL	Intergeniculate leaf
IHCG	Intermediate hypothalamic cell groups
II	Intermediate interstitial nucleus of the medial longitudinal fasciculus
IL	Infralimbic cortex
ILCaL5	Infralimbic cortex caudal part layer 5
ILL	Intermediate nucleus of the lateral lemniscus
ILL6	Infralimbic cortex layer 6
ILN	Intralaminar nuclei
IML	Intermediolateral cell column
IMLF	Interstitial nucleus of medial longitudinal fasciculus
IMLL4	Intermediolateral cell column4
IMLL6	Intermediolateral cell column6
IMLL6	Intermediolateral cell column6 R
IMlp	Intermediolateral cell column pars principalis
IMLT1	Intermediolateral cell column T1
IMLT2	Intermediolateral cell column T2
IMLT3	Intermediolateral cell column T3
IMLT4	Intermediolateral cell column T4
IMLT5	Intermediolateral cell column T5
IMLT6	Intermediolateral cell column T6
IMLT8	Intermediolateral cell column T8
IMLT9	Intermediolateral cell column T9
IMMC1	Intermediomedial cell column C1

IMMC6	Intermediomedial cell column C6
IMMC8	Intermediomedial cell column C8
IMML1	Intermediomedial cell column1
IMML2	Intermediomedial cell column2
IMML6	Intermediomedial cell column6
IMMS2	Intermediomedial cell column S2
IMMT6	Intermediomedial cell column T6
In	Intercalated nucleus of the medulla
InC	Interstitial nucleus of Cajal
InCo	Intercollicular nucleus
<b>InCSH</b>	<b>Interstitial nucleus of Cajal shell region</b>
InG	Intermediate gray layer of the superior colliculus
<b>InMe</b>	<b>Intermediate nucleus of the medulla</b>
<b>iNVN</b>	<b>Interstitial nucleus of the vestibular nerve</b>
InWh	Intermediate white layer of the superior colliculus
IOA	Inferior olive subnucleus A of medial nucleus
<b>IOarc</b>	<b>Arcuate subnucleus of the inferior olive</b>
IOB	Inferior olive subnucleus B of medial nucleus
IOBe	Inferior olive beta subnucleus
IOC	Inferior olive subnucleus C of medial nucleus
IOD	Inferior olive dorsal nucleus
<b>IODM</b>	<b>Inferior olive dorsomedial cell group</b>
IODmc	Inferior olive dorsomedial cell column
IOK	Inferior olive cap of Kooy of the medial nucleus
IOMr	Inferior olive medial nucleus rostral part
IOPr	Inferior olive principal nucleus
IOVL	Inferior olive ventrolateral protrusion
IP	Interpeduncular nucleus
IP	Substantia nigra lateral part
IPAC	Interstitial nucleus of the posterior limb of the anterior commissure
IPACM	Interstitial nucleus of the posterior limb of the anterior commissure medial part
IRt	Intermediate reticular nucleus
IRtA	Intermediate reticular nucleus alpha part
IRtD	Dorsal intermediate reticular nucleus
IS	Inferior salivatory nucleus
isRT	Isthmic reticular formation
IVN	Inferior vestibular nucleus
IVNi	Inferior vestibular nucleus intermediate part
izVHC1	Intermediate zone C1
izVHC3	Intermediate zone C3
JMCx	Jaw movement motor cortex
JPVC	Juxtaparaventricular part caudal [Lateral hypothalamic area [Preoptic anterior region]]
Jx5	Juxtatrigeminal area
<b>JxO</b>	<b>Juxtaolivary nucleus</b>
KF	Koelliker Fuse nucleus
L1	Lumbar segment 1
L1vm	Lumbar segment 1 ventromedial part
L5	Lumbar segment 5
LatPC	Lateral cerebellar nucleus parvicellular part
LC	Locus coeruleus
LCca	Locus coeruleus caudal part
LCD	Locus coeruleus dorsal part
LD	Laterodorsal thalamic nucleus
LDTg	Laterodorsal tegmental nucleus
LDTg	Basal magnocellular nucleus rostral pole
<b>LDTgV</b>	<b>Laterodorsal tegmental nucleus ventral part</b>
<b>lfp</b>	<b>Longitudinal fasciculus of the pons</b>
LGD	Dorsal portion of the lateral geniculate complex
LGL	Lateral geniculate body lateral part
LH	Lateral hypothalamic area
LHA	Lateral zone
LHAmpar	Lateral hypothalamic area medial part [Preoptic anterior region]
LHAsiLs	Lateral hypothalamic area supraforncial region at the level of the internal lateral subnucleus
LHAvp	Lateral hypothalamic area ventral part
LHb	Lateral habenular nucleus
LHbAM	Anterior subnucleus of the medial subdivision of the lateral habenular nucleus
LHbL	Lateral habenular nucleus lateral part
LHbMc	Central subnucleus of the medial part of the lateral habenular nucleus
LHbMMg	Lateral habenular nucleus medial part marginal subnucleus
LHc	Lateral hypothalamic area caudal part
LHd	Lateral hypothalamic area dorsal part
LHdc	Lateral hypothalamic area dorsal part caudal level
LHLZM	Lateral hypothalamic area [Lateral zone mammillary level]
LHP	Lateral hypothalamus posterior part
Li	Linear nucleus of the medulla
ll	Lateral lemniscus
LLSO	Lateral limb of the lateral superior olive
llvhv	Ventral part of the ventral half of the lateral lemniscus

LM	Lateral mammillary nucleus
LMo5	Lateral part of the motor trigeminal nucleus
LNTB	Lateral nucleus of the trapezoid body
LO	Lateral orbital cortex
LP	Lateral posterior thalamic nucleus
LPAG	Lateral periaqueductal gray
LPBC	Lateral parabrachial nucleus central part
LPBCr	Lateral parabrachial nucleus crescent part
LPBD	Lateral parabrachial nucleus dorsal part
LPBD	Parasolitary nucleus
LPBE	Lateral parabrachial nucleus external part
LPBGiA	Lateral paragigantocellular nucleus alpha part
<b>LPBGiE</b>	<b>Lateral paragigantocellular nucleus external part</b>
LPBI	Lateral parabrachial nucleus internal part
LPBS	Lateral parabrachial nucleus superior part
LPBV	Lateral parabrachial nucleus ventral part
IPFC	Lateral prefrontal cortex
LPGi	Lateral paragigantocellular nucleus
LPGirf	Lateral paragigantocellular nucleus retrofacial part
LPO	Lateral preoptic area
LPOm	Lateral preoptic area medial part
LPPa	Paraventricular hypothalamic nucleus lateral parvocellular part
LPPaC	Caudally in the paraventricular hypothalamic nucleus lateral parvocellular part
LRtPC	Lateral reticular nucleus parvicellular part
LRtr	Lateral reticular nucleus rostral part
LRtS5	Lateral reticular nucleus subtrigeminal part
LS	Lateral septal nucleus
LSO	Lateral superior olive
LSpL1	Lateral spinal nucleus1
LSpL2	Lateral spinal nucleus2
LSpL3	Lateral spinal nucleus3 R
LSpT2	Lateral spinal nucleus T2
LSpT7	Lateral spinal nucleus T7
LSr	Lateral septal nucleus rostral part
LSSC	Lumbosacral spinal cord
LSuOrW	Large supraorbital vibrissae
LTen	Lateral terminal nucleus of the accessory optic tract
LTGA	Lateral tegmental area
<b>Lth</b>	<b>Lithoid nucleus</b>
LTN	Lateral tegmental nucleus
LTNmclrvL	Lateral tegmental nucleus medial aspect of C1 area of RVL
LVe	Lateral vestibular nucleus
LVERM	Lateral vermis
LVPO	Lateroventral periolivary nucleus
M	Motoric regions
m5	Motor root of the trigeminal nerve
MA3	Medial accessory oculomotor nucleus
MacVHC	Vestibular hair cells of macula
MAS	Midline apneic site
MD	Mediodorsal thalamic nucleus
MdDc	Nucleus medullae oblongatae centralis
MdDd	Medullary reticular nucleus dorsal part
MdH	Medial division of the hypothalamus
MDL	Mediodorsal thalamic nucleus lateral part
MdL	Medullary reticular nucleus lateral part
MdV	Medullary reticular nucleus ventral part
Me5	Mesencephalic trigeminal nucleus
me5	Mesencephalic trigeminal tract
MEA	Midbrain extrapyramidal area
MEC	Mesencephalon
Med	Medial cerebellar nucleus
Medc	Medial cerebellar nucleus caudal part
MedCM	Medial cerebellar nucleus caudalmedial part
Medcv	Medial cerebellar nucleus caudoventral part
MedDL	Medial cerebellar nucleus dorsolateral protuberance
MedDLC	Caudal part of the medial cerebellar nucleus dorsolateral protuberance
MedmC	Caudal part of the middle part of the fastigial nucleus
MedmR	Rostral part of the middle part of the fastigial nucleus
MedR	Medial cerebellar nucleus rostral part
MeLa	Medial amygdaloid nucleus lateral part
MEnt	Medial entorhinal cortex
MeObR	Medulla oblongata rostral part
MeObRV	Medulla oblongata rostroventral
MES	Spinal cord
MESL1pjn	Spinal cord lamina 1 projection neurons
MG	Medial geniculate nucleus
MGc	Medial geniculate nucleus caudal part
MGDm	Medial geniculate nucleus dorsal part medial subdivision

MGDML	Mediolateral part of the dorsal division of the medial geniculate nucleus
MGL9C8	Motoneuron groups of layer 9 C8
MGM	Medial geniculate nucleus medial part
MGP	Medial globus pallidus
MGPm	Medial globus pallidus medial part
MGR	Medial geniculate nucleus rostral part
MGV	Medial geniculate nucleus ventral part
MHb	Medial habenular nucleus
MHb	Perirhinal cortex
MHYPOgdh	Dorsal half of the medial hypothalamic group
MiTg	Microcellular tegmental nucleus
mlf	Medial longitudinal fasciculus
MM	Medial mammillary nucleus medial part
MM	Nucleus of the horizontal limb of the diagonal band
MMCMR	Medial cerebellar nucleus middle subdivision rostral part
<b>MnA</b>	<b>Median accessory nucleus of the medulla</b>
MnPO	Median preoptic nucleus
MnPOD	Dorsal median preoptic nucleus
MnPOmL	Median preoptic nucleus middle level
MnPOV	Ventral part of the median preoptic nucleus
MnR	Median raphe nucleus
Mo5DL	Motor trigeminal nucleus dorsolateral part
Mo5jcc	Motor trigeminal nucleus jaw closing component
Mo5joc	Motor trigeminal nucleus jaw opening component
Mo5joc	Granular cell layer of the olfactory bulb
Mo5VM	Motor trigeminal nucleus ventromedial part
MPA	Medial preoptic area
MPAce	Medial preoptic area central part
MPAVL	Ventrolateral subdivision of the medial preoptic area
MPL	Medial paralemniscal nucleus
MPO	Medial preoptic nucleus
MPPa	Paraventricular hypothalamic nucleus medial parvocellular part
MPtA	Medial parietal association cortex
MS	Medial septal nucleus
mSC	Superior colliculus medial part
MSO	Medial superior olive
msVSMo	Marginal surface of the ventral surface of the medulla oblongata
MT	Medial terminal nucleus of the accessory optic tract
MTGABA	Medial terminal nucleus of the accessory optic tract GABAergic cells
MTN	Midline group of the dorsal thalamus
mtSC	Superior colliculus medial third
MuscBucc	Buccinator muscle
MuscCTz	Clavotrapezius muscle
MusciPC	Inferior pharyngeal constrictor muscle
MuscJawMneuro	Jaw muscle afferent neurons
MuscJawS	Jaw muscle spindles
MuscMass	Musculus masseter
MuscPCA	Posterior cricoarytenoid muscle
MuscPDig	Posterior digastricus muscle
MuscPeOra	Perioral muscles
MuscPlap	Part of platysma spreading from dorsum of neck to split and insert partly into the upper lip and partly into the lower lip
MuscST	Sternomastoid muscle
MuscSTc	Sternocleidomastoideus muscle
MuscUpLi	Upper lip muscle
muscut	Musculocutaneous nerve
MVe	Medial vestibular nucleus
MVeM	Medial vestibular nucleus medial part
MVeMC	Medial vestibular nucleus magnocellular part
MVeP	Medial vestibular nucleus caudal part
MVePC	Medial vestibular nucleus parvocellular part
MVePch	Medial vestibular nucleus caudal half
MVeVL	Medial vestibular nucleus ventrolateral part
MVL	Ventral lateral medulla oblongata
MVPO	Medioventral periolivary nucleus
Mx	Matrix region of the medulla
NCAT	Nucleus of the central acoustic tract
Neck	Nucleus of the spinal accessory nerve
NI	Nucleus incertus
NIc	Nucleus incertus pars compacta
NICr	Nucleus intercruralis
NId	Nucleus incertus pars dissipata
NIFH	Nucleus interfascicularis hypoglossi
NLL	Nuclei of the lateral lemniscus
NLLR	Nuclei of the lateral lemniscus rostral part
NODa	Nodulus sublobule a
npm	Nervus petrosus major
NRMC	Magnocellular reticular nucleus
<b>ns</b>	<b>Nigrostriatal bundle</b>



O	Nucleus O
<b>obex</b>	<b>Obex</b>
OBgra	Motor trigeminal nucleus jaw opening component
<b>ocb</b>	<b>Oliviochlear bundle</b>
OCS	Oculomotor system
OmMMnB	Outermost part of the medial mammillary nucleus body
Op	Optic nerve layer of the superior colliculus
oPFC	Orbital prefrontal cortex
OPT	Olivary pretectal nucleus
OrgBSglab	Glabrous skin
OrgCIP	Corpuscle region of incisal papilla
OrgCorti	Organ of Corti
OrgEariST	Scala tympani
OrgEariTB	Basolateral amygdaloid nucleus
OrgEye	Eye
OrgiL	Ileum
OrgiPTC	Intraperitoneal cavity
OrgOCA	Anterior oral cavity
OrgOChp	Hard palate
OrgOCrT	Root of the tongue
OrgOCT	Tongue
OrgOCtp	Tooth pulp in oral cavity
OrgPharU	Uvula
OrgsCecS	Cecum
OrgsCor	Cor
OrgsCorAn	Anterior coronary sulcus of the heart
OrgsCorAnin	Anterior interventricular groove of the heart
OrgsDuos	Duodenum side
OrgsLungP	Lung parenchym
OrgsOesAb	Abdominal oesophagus
OrgsOesC	Cervical oesophagus
OrgSoPa	Soft palate
OrgsPeric	Pericardium
OrgsPericCav	Pericardial cavity
OrgsSDOes	Subdiaphragmatic oesophagus
OrgsSDOesVW	Ventral wall of the subdiaphragmatic oesophagus
OrgsStomS	Stomach
OrgsStomWS	Stomach wall
OrgsTrasW	Trachea wall
OrgTho	Thoracic cavity
OrgWLary	Wall of larynx
OT	Nucleus of the optic tract
P	Pons
<b>p1PAG</b>	<b>P1 periaqueductal gray</b>
P5	Peritrigeminal zone
P7	Perifacial zone
Pa	Paraventricular hypothalamic nucleus
Pa4	Paratrochlear nucleus
Pa5	Paratrigeminal nucleus
Pa6	Paraabducens nucleus
Paan	Paraventricular nucleus anterior part
PaAPoMimtt	Medial two-thirds of the middle part of the antero-posterior extent of the paraventricular hypothalamic nucleus
PAG	Periaqueductal gray
PAGcL	Lateral part of the caudal periaqueductal gray
PAGd	Periaqueductal gray dorsal part
PAGdlc	Dorsolateral periaqueductal gray caudal part
PAGdlr	Dorsolateral periaqueductal gray rostral part
PAGLV	Periaqueductal gray lateroventral part
PAGLVC	Caudal part of the ventrolateral periaqueductal gray
PAGm	Periaqueductal gray medial part
PAGR	Periaqueductal gray rostral part
PAGRL	Periaqueductal gray rostralateral part
PAGvlc	Ventrolateral periaqueductal gray caudal part
PAGvlc	Most anterior part of the parvalbumin-positive nucleus of the lateral hypothalamus
PAGvlr	Anterior cingulate cortex
PAGvlr	Ventrolateral periaqueductal gray rostral part
pala	Palatine nerve
PaLa	Paraventricular hypothalamic nucleus lateral part
PaMag	Paraventricular hypothalamic nucleus magnocellular division
PaMagP	Paraventricular hypothalamic nucleus magnocellular division posterior part
Pame	Paraventricular nucleus medial part
PaMMP	Medial part of the paraventricular hypothalamic nucleus medial parvicellular part [Periventricular zone anterior region]
PaMP	Paraventricular hypothalamic nucleus medial parvicellular part [Periventricular zone anterior region]
PaPc	Central gray mesencephalic part ventromedial part
PaPcD	Paraventricular hypothalamic nucleus parvicellular division dorsal part
Papv	Paraventricular hypothalamic nucleus pariventricular part
PaR	Pararubral nucleus
PaR	Anterior tegmental nucleus

Par1G	Parietal cortex area 1 granular region
ParPLai	Nucleus of the vertical limb of the diagonal band
PaVe	Spinal cord layer 21 R
PB	Parabrachial nucleus
PBCeL	Parabrachial nucleus central lateral part
PBCeLe	Lateral edge of the central lateral parabrachial nucleus
PBD	Parabrachial nucleus dorsal part
PBDL	Parabrachial nucleus dorsolateral part
PBeDL	Parabrachial nucleus external division lateral part
PBG	Parabigeminal nucleus
PBnMe	Parabrachial nucleus medial
PBP	Parabrachial pigmented nucleus
PBro	Parabrachial nucleus rostral part
PBveLa	Parabrachial nucleus ventrolateral part
PBVL	Parabrachial nucleus ventral part lateral portion
PC	Paracentral thalamic nucleus
PCGS	Parachochlear glial substance
PCnFa	Precuneiform area
PCom	Nucleus of the posterior commissure
PCRt	Parvicellular reticular nucleus
PCRtA	Parvicellular reticular nucleus alpha part
pd	Predorsal bundle
<b>PDR</b>	<b>Posterodorsal raphe nuclei</b>
PDTg	Posterodorsal tegmental nucleus
Pe	Periventricular hypothalamic nucleus
PeFCL	Lateral part of the caudal perifornical area
PeFCL	Dorsal hypothalamic area
PeFCL	Ventromedial hypothalamic nucleus central part
PePO	Reuniens thalamic nucleus
PF	Parafascicular thalamic nucleus
PFc	Parafascicular thalamic nucleus caudal part
PFC	Prefrontal cortex
PFL	Parafascicular thalamic nucleus lateral part
PFlv	Paraflocculus ventral part
PFV	Parafascicular thalamic nucleus ventral part
PFx	Lateral hypothalamic area perifornical part
PFxPAR	Perifornical hypothalamic area [Preoptic anterior region]
PGi	Paragigantocellular reticular nucleus
PGiR	Paragigantocellular reticular nucleus rostral part
PGiV	Paragigantocellular reticular nucleus ventral part
PH	Posterior hypothalamic nucleus
Ph9C3	Phrenic motoneurons of lamina 9 C3
Ph9C4	Phrenic motoneurons of lamina 9 C4
Ph9C5	Phrenic motoneurons of lamina 9 C5
PHA	Posterior hypothalamic area
PHD	Posterior hypothalamic area dorsal part
PHRo	Posterior hypothalamic nucleus rostral part
<b>PIF</b>	<b>Parainterfascicular nucleus of the ventral tegmental area</b>
PIL	Posterior intralaminar thalamic nucleus
PLH	Peduncular part of lateral hypothalamus
PLHY	Posterolateral hypothalamus
<b>PIPAG</b>	<b>Pleomorphic part of the periaqueductal gray</b>
<b>PLV</b>	<b>Prelemniscal nucleus ventral part</b>
PLVERML9	Posterior lobe vermis lobule 9
PM	Paramedian lobule
PMD	Premammillary nucleus dorsal part
PMn	Paramedian reticular nucleus
PMnR	Paramedian raphe nucleus
<b>PMo5</b>	<b>Posterior part of the motor trigeminal nucleus</b>
PMvm	Premammillary nucleus ventromedial part
PMZP+5a	Paramedian lobule zebrin positive band P+ 5a
PN	Paranigral nucleus
PNC	Pontine reticular nucleus caudal part
PnO	Pontine reticular nucleus oral part
PnOr	Pontine nucleus oralis
PnR	Pontine raphe nucleus
PNSgo	Greater occipital nerve
PnV	Pontine reticular nucleus ventral part
Po	Posterior thalamic nuclear group
<b>POAd7fn</b>	<b>Periolivary area between superior olivary nucleus and descending root of the facial nerve</b>
<b>POH</b>	<b>Periolivary horn</b>
Por	Pons oral part
posh	Postero orbital sinus hair
PP	Peripeduncular nucleus
PPN	Peduncularpontine nucleus
PpRNr	Dorsolateral reticular formation
PPTg	Pedunculopontine tegmental nucleus
PPy	Parapyramidal nucleus

Pr	Prepositus nucleus
PR	Prerubral field
Pr	Rostral ventral respiratory group
Pr5caV	Ventral part of the caudal principal trigeminal nucleus
Pr5cmp	Principal sensory trigeminal nucleus centromedial part of the posterior part
Pr5Db	Principal sensory trigeminal nucleus dorsal boundary
Pr5DM	Principal sensory trigeminal nucleus dorsomedial part
Pr5i	Principal sensory trigeminal nucleus intermediate part
Pr5p	Principal sensory trigeminal nucleus posterior partL
Pr5ro	Principal sensory trigeminal nucleus rostral part
Pr5v	Principal sensory trigeminal nucleus ventral part
Pr5VL	Principal sensory trigeminal nucleus ventrolateral part
PrBo	Pre Boetzing complex
PrC	Precommissural nucleus
PReg	Posterior region [Lateral division of the hypothalamus]
<b>PrEW</b>	<b>Pre Edinger Westphal nucleus</b>
PRhc	Perirhinal cortex caudal part
PrL	Prelimbic cortex
PrLc	Prelimbic cortex caudal part
PrLL5	Prelimbic cortex layer 5
PrLL6	Prelimbic cortex layer 6
PRN	Pontine reticular nucleus
PRNLC	Pontine reticular nucleus laterocaudal part
PRNpm	Pontine reticular nucleus paramedian part
pRNr	Parvicellular reticular nucleus rostral portion
PRT	Pretecal region
PRVRG	Posterior rostral ventral respiratory group
PSC	Posterior septal complex
PsLdn	Pontine sublaterodorsal nucleus
PSMi	Pons midline
PSol	Parasolitary nucleus
PSol	Lateral parabrachial nucleus dorsal part
PSTh	Parasubthalamic nucleus
PV	Paraventricular thalamic nucleus
PV1ma	Ventrolateral periaqueductal gray caudal part
PVca	Anteroventral nuclei of the preoptic hypothalamus
PVCON	Posteroventral cochlear nucleus
PVCOND	Dorsal part of the posteroventral cochlear nucleus
PVG	Periventricular gray matter
PVHmpdo	Paraventricular nucleus medial parvicellular part dorsal zone
PVZ	Periventricular zone
PVZaL	Paraventricular thalamic nucleus caudal part
PWGS	Pontine wave generation site
raf	Region around the fornix
rAGm	Medial agranular prefrontal cortex rostral part
RAmb	Retroambiguus nucleus
RANA	Nucleus raphe alatus
<b>Rbd</b>	<b>Rhabdoid nucleus</b>
RcAGm	Rostral portion of the caudal medial agranular prefrontal cortex
RCeICOL	Rostrocaudal extent of the inferior colliculus
RCh	Retrochiasmatic area
RCMeObm	Rostral caudal midline medulla oblongata
RCT	Rostrocaudal thalamic nucleus
RDO	Red nucleus dorsal
Re	Reuniens thalamic nucleus
Re	Preoptic periventricular nucleus
reLa	Recurrent laryngeal nerve
RET	Retina
RETg	Retinal ganglion cells
RETiqqc	Retina inferior quadrant ganglion cells
RETNgcL	Retina nasal part ganglion cell layer
RFm	Medial reticular formation
RFMED	Median reticular nucleus
RFN	Retrofacial nucleus
Rh	Rhomboid thalamic nucleus
RI	Rostral interstitial nucleus of medial longitudinal fasciculus
RIP	Raphe interpositus nucleus
<b>RL</b>	<b>Retrolemniscal nucleus</b>
RLi	Rostral linear nucleus of the raphe
RMC	Red nucleus magnocellular part
Rmed	Red nucleus medial part
RMeObvm	Rostral part of the ventromedial medulla oblongata
RMg	Raphe magnus nucleus
RMRf	Rostral mesencephalic reticular formation
RMTg	Rostromedial tegmental nucleus
rmTGA	Rostral magnocellular tegmental field
Ro	Nucleus ofoller
Ro	Nucleus of Roller

ROb	Raphe obscurus nucleus
ROC	Red nucleus parvicellular part
RPa	Raphe pallidus nucleus
RPO	Rostral periolivary region
RPOL	Rostral periolivary region lateral part
RR	Retrobulbar nucleus
RRF	A8 dopamine cells retrobulbar group
RRFm	A8 dopamine cells retrobulbar group medial part
RSA	Retrosplenial agranular cortex
RSAL1	Retrosplenial agranular cortex layer 1
RSAL2	Retrosplenial agranular cortex layer 2
RSan	Retrosplenial cortex anterior part
RSGL1	Retrosplenial granular cortex layer 1
RSGL2	Retrosplenial granular cortex layer 2
RTCL	Rostral tectal longitudinal column
RtD	Reticular thalamic nucleus dorsal part
RTN	Retrotrapezoid nucleus
RtTg	Reticulotegmental nucleus of the pons
RttGI	Rostral two-thirds of the granular insular cortex
<b>RtTgL</b>	<b>Reticulotegmental nucleus of the pons lateral part</b>
<b>RtTgP</b>	<b>Reticulotegmental nucleus of the pons pericentral part</b>
RtV	Reticular thalamic nucleus ventral part
RVL	Rostroventrolateral reticular nucleus
RVLm	Medial aspect of the rostroventrolateral reticular nucleus
RVLM	Rostral ventrolateral medulla
RVLro	Rostroventrolateral reticular nucleus rostral part
RVRG	Rostral ventral respiratory group
RVRG	Prepositus nucleus
S1	Primary somatosensory cortex
S1BF	Primary somatosensory cortex barrel field
S1BFcdysL5	Central dysgranular zone between E4 whisker and forelimb barrel field layers 5
S1BFcdysL6	Central dysgranular zone between E4 whisker and forelimb barrel field layers 6
S1FL	Primary somatosensory cortex forelimb region
S1FLl	Primary somatosensory cortex forelimb region lateral part
S1FR	Primary somatosensory cortex face region
S1HL	Primary somatosensory cortex hindlimb region
S1JL	Primary somatosensory cortex lower jaw region
S1pdyL5	Posterior dysgranular zone between whisker and trunk representation layer 5
S1pdyL6	Posterior dysgranular zone between whisker and trunk representation layer 6
S1rm	Primary somatosensory cortex rostral most part
S2iaR	Rostral part of the secondary somatosensory cortex inferior orbital area
S5	Sensory root of the trigeminal nerve
Sa1	Sacral segment 1
Sa2	Sacral segment 2
Sa3	Sacral segment 3
Sag	Sagulum nucleus
SAN	Spinal accessory nerve
SC	Superior colliculus
SCd	Superior colliculus deep layers
SCh	Suprachiasmatic nucleus
SChv	Suprachiasmatic nucleus ventral division
SCiB	Sublayer b of superior colliculus intermediate layers
SCL	Superior colliculus lateral part
SCL10C1	Area X C1
SCL10C6	Area X C6
SCL10S2	Area X S2
SCL1C4	Spinal cord layer 1 C4
SCL1C7	Spinal cord layer 1 C7
SCL1L3	Spinal cord layer 13
SCL1L3	Spinal cord layer 13 R
SCL1S2	Spinal cord layer 1 S2
SCL1T1	Spinal cord layer 1 T1
SCL1T11	Spinal cord layer 1 T11
SCL1T4	Spinal cord layer 1 T4
SCL2C2	Spinal cord layer 2 C2
SCL2C7	Spinal cord layer 2 C7
SCL2C8	Spinal cord layer 2 C8
SCL2L1	Paraventricular nucleus ventral part
SCL2L4	Spinal cord layer 24
SCL2L6	Spinal cord layer 26
SCL2T13	A5 noradrenaline cells
SCL2T5	Spinal cord layer 2 T5
SCL2T7	Spinal cord layer 2 T7
SCL3C1	Spinal cord layer 3 C1
SCL3C2	Spinal cord layer 3 C2
SCL3C4	Spinal cord layer 3 C4
SCL3C8	Spinal cord layer 3 C8
SCL3S1	Spinal cord layer 3 S1

SCL3T1	Spinal cord layer 3 T1
SCL4C3	Spinal cord layer 4 C3
SCL4C4	Spinal cord layer 4 C4
SCL4C6	Spinal cord layer 4 C6
SCL4C7	Spinal cord layer 4 C7
SCL4C8	Spinal cord layer 4 C8
SCL4L2	Spinal cord layer 42 R
SCL4S1	Spinal cord layer 4 S1
SCL4S2	Spinal cord layer 4 S2
SCL5C4	Spinal cord layer 5 C4
SCL5C6	Spinal cord layer 5 C6
SCL5L3	Spinal cord layer 53
SCL5L5	Spinal cord layer 55
SCL5S1	Spinal cord layer 5 S1
SCL5T1	Spinal cord layer 5 T1
SCL6C2	Spinal cord layer 6 C2
SCL6C3	Spinal cord layer 6 C3
SCL6C7	Spinal cord layer 6 C7
SCL6L5	Spinal cord layer 65
SCL6T9	Spinal cord layer 6 T9
SCL7C1	Spinal cord layer 7 C1
SCL7C2	Spinal cord layer 7 C2
SCL7C6	Spinal cord layer 7 C6
SCL7C7	Spinal cord layer 7 C7
SCL7T4	Spinal cord layer 7 T4
SCL8C6	Spinal cord layer 8 C6
SCL8C8	Spinal cord layer 8 C8
SCL9L3	Spinal cord layer 93
SCL9L4	Spinal cord layer 94
SCL9S2	Spinal cord layer 9 S2
SCL9S3	Spinal cord layer 9 S3
SCL9T2	Spinal cord layer 9 T2
SCL9T3	Spinal cord layer 9 T3
SCL9T8	Spinal cord layer 9 T8
SCLb10L7L3	Spinal cord border between layer 10 and layer 73
SCLC2	Spinal cord layers C2
SCLC3	Spinal cord layers C3
SCLC4	Spinal cord layers C4
SCLC6	Spinal cord layers C6
SCLC8	Spinal cord layers C8
SCLL1	Spinal cord layers l
SCLL2	Spinal cord layers 2
SCLL3	Spinal cord layers 3
SCLS4	Spinal cord layers S4
SCLT3	Spinal cord layers T3
SCP	Superior colliculus posterior part
SCRL	Superior colliculus rostral lateral part
SCscn	Superior colliculus superficial layers commissural neurons
SCzo	Superior colliculus zonal layer
Sd	Subiculum dorsal part
SDComS1	Sacral dorsal commissural nucleus S1
SERr	Septal region rostral part
SFi	Septofimbrial nucleus
SG	Supragenulate thalamic nucleus
SGe	Supragenual nucleus
SHi	Septohippocampal nucleus
SHy	Septohypothalamic nucleus
SHy	Arcuate nucleus ventromedial part
SI	Substantia innominata
SIS	Substantia innominata sublenticular part
SLEAc	Central division of sublenticular extended amygdala
sLn	Superior laryngeal nerve
SNC	Substantia nigra compact part
SNCD	Substantia nigra compact part dorsal tier
SNCL	Substantia nigra compact part lateral tier
<b>SNCM</b>	<b>Substantia nigra compact part medial tier</b>
SNCrm	Substantia nigra compact part rostromedial
SNCV	Substantia nigra compact part ventral tier
SNL	Substantia nigra lateral part
SNL	Interpeduncular nucleus
SNR	Substantia nigra reticular part
SO	Supraoptic nucleus [Supraoptic region]
SOA	Supraoptic nucleus anterior division
SOCG	Supraoculomotor central gray
SOCILL	Lateral limbs of the lateral superior olivary nucleus
Sol	Nucleus of the solitary tract
sol	Solitary tract
SolC	Nucleus of the solitary tract commissural part

Solca	Nucleus of the solitary tract caudal part
Solcame	Caudal nucleus of the solitary tract medial part
SolCe	Nucleus of the solitary tract central part
Solcv	Nucleus of the solitary tract cardiovascular part
SolD	Nucleus of the solitary tract dorsal part
SolDL	Nucleus of the solitary tract dorsolateral part
SolDL	Vestibular nuclei ventromedial part
SolDM	Nucleus of the solitary tract dorsomedial part
SolG	Nucleus of the solitary tract gelatinous part
SolGuiM	Intermediate portion of the gustatory nucleus of the solitary tract
Soli	Nucleus of the solitary tract interstitial part
SolIM	Nucleus of the solitary tract intermediate part
SolL	Nucleus of the solitary tract lateral part
SolM	Nucleus of the solitary tract medial part
Solmro	Most rostral part of the nucleus of the solitary tract
SolRL	Nucleus of the solitary tract rostrolateral part
Solro	Nucleus of the solitary tract rostral part
Solroc	Nucleus of the solitary tract rostrocentral
SolroM	Medial part of rostral portion of the nucleus of the solitary tract
SolroV	Ventral part of the rostral nucleus of the solitary tract
Solsp	Nucleus of the solitary tract subpostremal part
SolV	Nucleus of the solitary tract ventral part
SolVL	Nucleus of the solitary tract ventrolateral part
SOnP	Nucleus proper
SoRpnzd	Perinuclear zone dorsal to the supraoptic region
SOsur	Area immediately surrounding the supraoptic nucleus
SOT	Supraoptic nucleus tuberal part
sp5	Spinal trigeminal tract
Sp5C	Spinal trigeminal nucleus caudal part
Sp5CVL1	Spinal trigeminal nucleus caudal part ventral part layer 1
Sp5I	Spinal trigeminal nucleus interpolar part
Sp5ncR	Spinal trigeminal nucleus rostral part
Sp5O	Spinal trigeminal nucleus oral part
Sp5OLD	Latero dorsal pars oralis of the trigeminal nucleus
SPC	Striatal patch compartment
SPFc	Subparafascicular thalamic nucleus caudal part
SPFm	Subparafascicular thalamic nucleus magnocellular part
SPFme	Subparafascicular thalamic nucleus medial part
SPFp	Subparafascicular thalamic nucleus parvicellular part
SPFr	Subparafascicular thalamic nucleus rostral part
Sph	Sphenoid nucleus
SpIMLL3	Sympathetic preganglionic cell column3
SPO	Superior paraolivary nucleus
SPSyS1	Sacral parasympathetic nucleus S1
SPTg	Subpeduncular tegmental nucleus
SpVe	Spinal vestibular nucleus
SR	Sensory regions
SRD	Subnucleus reticularis dorsalis
STh	Subthalamic nucleus
SThMc	Subthalamic nucleus medial cap
Su5	Supratrigeminal nucleus
SubC	Subcoeruleus nucleus
SubCA	Subcoeruleus nucleus alpha part
SubCD	Subcoeruleus nucleus dorsal part
SubCDV	Dorsoventral part of the subcoeruleus nucleus
SubCV	Subcoeruleus nucleus ventral part
SubCV	Dorsal raphe nucleus ventral part
SubI	Subincertal nucleus
SubP	Subpostrema area
sucepLt	Superior cerebellar peduncle lateral tip
SuG	Superficial gray layer of the superior colliculus
SuOLi	Superior olive
SuOLiC	Caudal superior olivary complex
SuOLirc	Superior olive rostrocaudal part
<b>SuPVe</b>	<b>Supravestibular nucleus</b>
SuReFa	Subretrofacial nucleus
SuS	Superior salivatory nucleus
SuVe	Superior vestibular nucleus
<b>SV</b>	<b>Subventricular nucleus</b>
Sv	Subiculum ventral part
T	Thalamus
T10	Thoracal segment 10
T12	Thoracal segment 12
T2	Thoracal segment 2
T4	Thoracal segment 4
T5	Thoracal segment 5
T7	Thoracal segment 7
T9	Thoracal segment 9

TA	Tuberal area
TBMdm	Tuberomammillary nucleus dorsomedial part
TBMvl	Tuberomammillary nucleus ventrolateral part
TC	Tuber cinereum area
Te2D	Temporal association area 2 dorsal part
TeA	Temporal association cortex 1
TeV	Ventral temporal association cortex
<b>tfp</b>	<b>Transverse fibers of the pons</b>
<b>TG</b>	<b>Tectal gray</b>
TGACd	Central tegmental field dorsal part
TGACL	Central tegmental field lateral part
TMCx	Tongue movement cortex
TMZ	Tuberal region medial zone
<b>TrLL</b>	<b>Triangular nucleus lateral lemniscus</b>
TS	Triangular septal nucleus
<b>ts</b>	<b>Tectospinal tract</b>
<b>tth</b>	<b>Trigeminothalamic tract</b>
TU	Tuberal nucleus
TuLH	Tuberal region of lateral hypothalamus
TuM	Tuberomammillary nucleus
TuMgL	Glia limitans ventral to the ventral tuberomammillary nucleus
TuMP	Posterior subdivision of the tuberomammillary nucleus
TuO	Olfactory tubercle
TuOd	Olfactory tubercle densocellular layer
Tz	Nucleus of the trapezoid body
<b>tzx</b>	<b>Decussation of the trapezoid body</b>
uln	Ulnar nerve
UVUaS	Superficial part of cerebellar lobule 9a
UVUbimL	Cerebellar lobule 9b intermediolateral part
UVUbS	Superficial part of cerebellar lobule 9b
UVUcS	Superficial part of cerebellar lobule 9c
V1	Primary visual cortex
V1L5	Primary visual cortex layer 5
V2ML5	Secondary visual cortex medial area layer 5
VACC	Ventral anterior cingulate cortex
VB	Ventrobasal complex
VCA	Ventral cochlear nucleus anterior part
<b>VCAGr</b>	<b>Ventral cochlear nucleus granule cell layer</b>
<b>VCCap</b>	<b>Ventral cochlear nucleus capsular part</b>
VCgbc	Globular bushy cells of the ventral cochlear nucleus
VCNsLcc	Ventral cochlear nucleus superficial layer chestnut cells
VCNsLmc	Ventral cochlear nucleus superficial layer magnocellular core
VCNsLsn	Ventral cochlear nucleus superficial layer stellate neurons
<b>VCPO</b>	<b>Ventral cochlear nucleus posterior part octopus cell area</b>
vd	Vestibular ducts
VDB	Parietal association cortex intermediate layers
vd cav	Vestibular cavity
VeCb	Vestibulocerebellar nucleus
VeMTGA	Ventral mesopontine tegmental anesthesia area
<b>vesp</b>	<b>Vestibulospinal tract</b>
VFCC2	Vibrissal follicle complex C2
VFCE1	Vibrissal follicle complex E1
VHC2	Ventral horn C2
VHC4	Ventral horn C4
VHL3	Ventral horn3 R
VHL4	Ventral horn4
VHL4	Ventral horn4 R
VHMES	Ventral horn of spinal cord
VHR	Ventral hypothalamic region
VHSa2	Ventral horn S2
VHT9	Ventral horn T9
VISMP	Posterior part of the medial extrastriate cortex
VISxL	Lateral extrastriate cortex
VL	Ventrolateral thalamic nucleus
VLG	Ventral lateral geniculate nucleus
VLGMC	Ventral lateral geniculate nucleus magnocellular part
VLL	Ventral nucleus of the lateral lemniscus
VLPAG	Ventrolateral periaqueductal gray
VLPOr	Rostral part of the ventrolateral preoptic nucleus
vlPRF	Ventrolateral pontine reticular formation
VLtg	Ventrolateral tegmental area
VM	Ventromedial thalamic nucleus
VMc	Ventromedial thalamic nucleus caudal part
VMH	Ventromedial hypothalamic nucleus
VMHA	Ventromedial hypothalamic nucleus anterior part
VMHC	Lateral part of the caudal perifornical area
VMHDM	Ventromedial hypothalamic nucleus dorsomedial part
VMPAG	Ventromedial periaqueductal gray

VncVM	Nucleus of the solitary tract dorsolateral part
VNT	Ventral thalamus
VNTB	Ventral nucleus of the trapezoid body
VNTBrc	Rostrocaudal extent of the ventral nucleus of the trapezoid body
VP	Ventral pallidum
VPAG	Ventral periaqueductal gray
VPLM	Ventral posterolateral thalamic nucleus medial part
VPM	Ventral posteromedial thalamic nucleus
VPPC	Ventral posterior thalamic nucleus parvocellular part
VPT	Ventral posterior thalamic complex
VPTm	Ventral posterior thalamic complex medial part
VR	Visual regions
VReG	Ventral respiratory group
VSol	Visceral nucleus of the nucleus of the tractus solitarius
VTa	Ventral tegmental area A10
VTAcP	Ventral tegmental area A10 caudal part
<b>VTALN</b>	<b>Ventral tegmental area A10 lateral nuclei</b>
VTAM	Ventral tegmental area A10 medial part
VTAmi	Ventral tegmental area A10 middle third
VTAR	Ventral tegmental area rostral part
VTARdm	Ventral tegmental area rostral dorsomedial part
VTARVL	Ventral tegmental area rostral ventrolateral part
VTAv	Ventral tegmental area A10 ventral part
VTg	Ventral tegmental nucleus
<b>vtgx</b>	<b>Ventral tegmental decussation</b>
VTM	Ventral tuberomammillary nucleus
VTRZ	Ventral tegmental relay zone
WMCxA1	Whisker motor cortex A1
X	Nucleus X
xscp	Decussatio of the superior cerebellar peduncle
XZO	X-zone
Y	Nucleus Y
<b>Z</b>	<b>Nucleus Z</b>
ZI	Zona incerta
ZIC	Zona incerta caudal part
ZID	Zona incerta dorsal part
ZIm	Zona incerta medial part
ZIV	Zona incerta ventral part



**Tabelle 15:** Verbindungen der Untergebiete bzw. kumulierte Verbindungen des unilateralen BS-Netzwerkes. Die Tabelle wurde absteigend nach den Output (Out) bzw. Efferenzen sortiert. Der Spinal trigeminal nucleus caudal part hat 220 intrinsische Efferenzen und maximal 15 zum Facial nucleus lateral subnucleus, dieser wiederum besitzt 53 Afferenzen von denen die meisten (Max) nämlich 5 vom Centrolateralen periaqueductal gray kommen. Max.: maximale Anzahl von Outdegrees (Out) oder Indegrees (In) aus Teilbäumen. nc.: nucleus.

Region	Out	Max	Ziel	In	Max	Ursprung
Spinal trigeminal nc. caudal part	220	15	Facial nc. lateral subnc.	53	5	Ventrolateral periaqueductal gray
Ventrolateral periaqueductal gray	133	13	Locus coeruleus	48	4	Nc. of the solitary tract gelatinous part
Locus coeruleus	93	5	Lateral vestibular nc.	171	13	Ventrolateral periaqueductal gray
Dorsolateral periaqueductal gray	91	7	A5 noradrenaline cells	14	4	Ventrolateral periaqueductal gray
Pretectal region	89	12	Inferior olive dorsal nc.	40	6	Pedunculopontine tegmental nc.
Median raphe nc.	86	21	Interpeduncular nc.	65	16	Interpeduncular nc.
Raphe magnus nc.	72	6	Locus coeruleus	92	8	Ventrolateral periaqueductal gray
Parabrachial nc. medial	71	7	Locus coeruleus	58	5	Ventrolateral periaqueductal gray
Pedunculopontine tegmental nc.	70	8	Substantia nigra reticular part	51	9	Substantia nigra reticular part
Spinal trigeminal nc. oral part	61	5	Spinal trigeminal nc. caudal part	51	14	Spinal trigeminal nc. caudal part
Nc. of the solitary tract medial part	60	7	Locus coeruleus	41	6	Area postrema
Koelliker Fuse nc.	59	4	Lateral vestibular nc.	48	10	Spinal trigeminal nc. caudal part
Spinal trigeminal nc. interpolar part	59	6	Nc. of the solitary tract medial part	33	8	Spinal trigeminal nc. caudal part
Raphe obscurus nc.	58	10	Lateral vestibular nc.	43	5	Spinal trigeminal nc. caudal part
Substantia nigra reticular part	54	9	Pedunculopontine tegmental nc.	30	8	Pedunculopontine tegmental nc.
Lateral periaqueductal gray	52	4	Locus coeruleus	25	3	Nc. of the solitary tract dorsolateral part
Prepositus nc.	48	12	Locus coeruleus	32	3	Ventrolateral periaqueductal gray
Edinger Westphal nc.	45	3	Nc. of Darkschewitsch	50	4	Pretectal region
Mesencephalic trigeminal nc.	44	5	Locus coeruleus	55	5	Median raphe nc.
Area postrema	42	6	Nc. of the solitary tract medial part	14	3	Dorsal motor nc. of vagus
Interpeduncular nc.	39	16	Median raphe nc.	53	21	Median raphe nc.
Nc. of the trapezoid body	34	9	Central nc. of the inferior colliculus	25	4	Central nc. of the inferior colliculus
Central nc. of the inferior colliculus	33	6	Dorsal cortex of the inferior colliculus	60	16	Superior paraolivary nc.
Gigantocellular reticular nc. alpha part	33	5	Rostrolateral reticular nc.	34	6	Pretectal region
Superior paraolivary nc.	33	16	Central nc. of the inferior colliculus	21	4	Central nc. of the inferior colliculus
Raphe pallidus nc.	32	5	Dorsal motor nc. of vagus	49	5	Spinal trigeminal nc. caudal part
Paratrigeminal nc.	31	6	Dorsal motor nc. of vagus	3	2	Glossopharyngeal nerve
Pontine reticular nc. oral part	30	3	Ventral tegmental nc.	52	8	Substantia nigra reticular part
Spinal vestibular nc.	30	2	Parabrachial nc. medial	12	4	Superior vestibular nc.
Superior vestibular nc.	30	4	Spinal vestibular nc.	31	4	Dorsal raphe nc. lateral wing
Lateral vestibular nc.	30	4	Inferior olive dorsal nc.	69	10	Dorsal raphe nc. lateral wing
Nc. of the solitary tract intermediate part	30	4	Rostral ventral respiratory group	15	4	Glossopharyngeal nerve
Nc. of the solitary tract ventrolateral part	29	3	Parabrachial nc. medial	17	7	Spinal trigeminal nc. caudal part
A5 noradrenaline cells	27	2	Locus coeruleus	44	9	Spinal trigeminal nc. caudal part
Pontine reticular nc. caudal part	27	3	Raphe magnus nc.	54	4	Dorsolateral periaqueductal gray
Glossopharyngeal nerve	27	5	Nc. of the solitary tract interstitial part	6	1	Ambiguus nc. compact part
Nc. of the solitary tract commissural part	27	3	Dorsal motor nc. of vagus	35	5	Spinal trigeminal nc. caudal part
Subcoeruleus nc. dorsal part	22	2	Lateral vestibular nc.	7	3	Ventrolateral periaqueductal gray
Dorsal raphe nc. lateral wing	22	10	Lateral vestibular nc.	13	5	Locus coeruleus
Dorsal paragigantocellular nc.	22	3	Locus coeruleus	4	1	Ventrolateral periaqueductal gray
Dorsomedial periaqueductal gray	21	3	Locus coeruleus	4	1	Dorsolateral periaqueductal gray
Lateral superior olive	21	5	Central nc. of the inferior colliculus	13	4	Nc. of the trapezoid body
Gigantocellular reticular nc. ventral part	20	4	Raphe pallidus nc.	19	5	Pretectal region
Nc. of the solitary tract interstitial part	20	5	Rostral ventral respiratory group	16	7	Spinal trigeminal nc. caudal part
Nc. of the solitary tract lateral part	18	4	Locus coeruleus	15	2	Dorsolateral periaqueductal gray
Dorsal motor nc. of vagus	18	3	Area postrema	89	7	Spinal trigeminal nc. caudal part
Ventral nc. of the lateral lemniscus	17	4	Central nc. of the inferior colliculus	10	2	Nc. of the trapezoid body
Ventral tegmental nc.	17	7	Interpeduncular nc.	32	7	Interpeduncular nc.
Parapyramidal nc.	17	6	Dorsal motor nc. of vagus	8	1	Nc. of Darkschewitsch
Dorsal raphe nc. caudal part	17	5	Interpeduncular nc.	13	8	Interpeduncular nc.
Pontine raphe nc.	17	4	Locus coeruleus	10	2	Median raphe nc.
Nc. of the solitary tract dorsolateral part	16	3	Lateral periaqueductal gray	10	7	Spinal trigeminal nc. caudal part
			Deep gray layer of the superior			
Rostral ventral respiratory group	16	1	colliculus	72	5	Nc. of the solitary tract interstitial part
Dorsal nc. of the lateral lemniscus	15	5	Central nc. of the inferior colliculus	15	4	Central nc. of the inferior colliculus
Nc. of Darkschewitsch	14	2	Inferior olive dorsal nc.	29	3	Edinger Westphal nc.
Intercollicular nc.	14	3	Pontine reticular nc. caudal part	3	2	Substantia nigra reticular part
Ventral tegmental area rostral part	14	3	Interfascicular nc.	5	1	Dorsolateral periaqueductal gray
Olivary pretectal nc.	14	3	Nc. of Darkschewitsch	4	2	Pretectal region
A7 noradrenaline cells	13	2	Nc. of the trapezoid body	7	2	Ventrolateral periaqueductal gray
Barringtons nc.	13	5	Locus coeruleus	22	3	Ventrolateral periaqueductal gray
A1 noradrenergic cells	13	1	Ventrolateral periaqueductal gray	23	11	Spinal trigeminal nc. caudal part
Medial superior olive	12	5	Central nc. of the inferior colliculus	14	4	Central nc. of the inferior colliculus
Lateral parabrachial nc. external part	11	1	Dorsolateral periaqueductal gray	24	6	Spinal trigeminal nc. caudal part

Medial vestibular nc. parvicellular part	11	1	Medial longitudinal fasciculus	2	1	Prepositus nc.
Nc. of the solitary tract central part	11	2	Ambiguus nc. compact part	5	1	Nc. of the solitary tract intermediate part
Rostral linear nc. of the raphe	11	1	Central gray pons part	9	1	Edinger Westphal nc.
Rostroventrolateral reticular nc.	10	3	Raphe obscurus nc.	42	5	Gigantocellular reticular nc. alpha part
Nc. of the solitary tract gelatinous part	10	4	Ventrolateral periaqueductal gray	1	1	Dorsal motor nc. of vagus
External cuneate nc.	10	2	Dorsal cochlear nc. fusiform layer	0	0	
Substantia nigra compact part ventral tier	9	5	Substantia nigra reticular part	1	1	Substantia nigra reticular part
Retrorubral nc.	9	2	Raphe magnus nc.	16	2	Substantia nigra reticular part
Cochlear root of the vestibulocochlear nerve	9	4	Pontine reticular nc. caudal part	5	4	Locus coeruleus
B9 serotonin cells	9	3	Raphe magnus nc.	0	0	
A2 noradrenergic cells	9	1	Ventrolateral periaqueductal gray	4	1	Raphe magnus nc.
Subpostrema area	9	2	Boetzinger complex	0	0	
Rostral interstitial nc. of medial longitudinal fasciculus	8	1	Edinger Westphal nc.	7	1	Substantia nigra reticular part
Intermediate gray layer of the superior colliculus	8	1	Brachium of the inferior colliculus	16	2	Dorsolateral periaqueductal gray
Substantia nigra lateral part	8	1	Ventrolateral periaqueductal gray	9	2	Ventrolateral periaqueductal gray
Caudal linear nc. of the raphe	8	2	Median raphe nc.	6	2	Median raphe nc.
Nc. of the solitary tract dorsomedial part	8	1	Rostroventrolateral reticular nc.	3	1	Area postrema
Nc. of the solitary tract rostromedial part	8	1	Locus coeruleus	10	3	Spinal trigeminal nc. interpolar part
Nc. of the posterior commissure	8	2	Edinger Westphal nc.	6	1	Pedunculopontine tegmental nc.
Intermediate nc. of the lateral lemniscus	7	3	Central nc. of the inferior colliculus	9	3	Nc. of the trapezoid body
Lateral parabrachial nc. ventral part	7	3	Edinger Westphal nc.	4	1	Lateral periaqueductal gray
Medullary reticular nc. ventral part	7	1	A5 noradrenaline cells	10	1	Ventrolateral periaqueductal gray
C1 adrenaline cells	7	1	Ventrolateral periaqueductal gray	19	2	Ventrolateral periaqueductal gray
Supratrigeminal nc.	7	1	Paramedian reticular nc.	26	3	Mesencephalic trigeminal nc.
Nc. of the solitary tract ventral part	7	2	Boetzinger complex	3	1	Area postrema
Inferior olive dorsal nc.	7	3	Lateral vestibular nc.	28	12	Pretectal region
Central gray pons part	6	1	Ventrolateral periaqueductal gray	4	1	Subcoeruleus nc. dorsal part
Medial longitudinal fasciculus	6	2	Locus coeruleus	14	1	Ventrolateral periaqueductal gray
Prerubral field	6	1	Edinger Westphal nc.	5	2	Median raphe nc.
Substantia nigra compact part dorsal tier	6	2	Supratrigeminal nc.	3	2	Median raphe nc.
C3 adrenaline cells	6	1	Interfascicular nc.	3	1	Raphe magnus nc.
Parasolitary nc.	6	1	Peripeduncular nc.	5	1	A5 noradrenaline cells
Parabigeminal nc.	5	2	Pretectal region	3	2	Dorsolateral periaqueductal gray
Medial accessory oculomotor nc.	5	1	Nc. of Darkschewitsch	5	1	Substantia nigra reticular part
Dorsal cortex of the inferior colliculus	5	1	Sagulum nc.	17	6	Central nc. of the inferior colliculus
Deep white layer of the superior colliculus	5	2	Spinal trigeminal nc. oral part	3	1	Substantia nigra reticular part
Dorsal tegmental nc. central part	5	2	Interpeduncular nc.	4	1	Prepositus nc.
Paramedian reticular nc.	5	1	Rostroventrolateral reticular nc.	7	2	Dorsolateral periaqueductal gray
Lateral reticular nc. parvicellular part	5	2	Parabrachial nc. medial	3	2	Parapyramidal nc.
Principal sensory trigeminal nc. dorsomedial part	5	1	Supratrigeminal nc.	9	2	Mesencephalic trigeminal nc.
Dorsal raphe nc. dorsal part	5	2	Dorsolateral periaqueductal gray	7	2	Lateral periaqueductal gray
Paramedian raphe nc.	5	1	Dorsomedial tegmental area	1	1	Edinger Westphal nc.
Caudovernal reticular nc.	5	2	Mesencephalic trigeminal nc.	3	2	Parabrachial nc. medial
Lateral terminal nc. of the accessory optic tract	5	4	Pretectal region	2	1	Substantia nigra reticular part
Brachium of the inferior colliculus	4	1	Central nc. of the inferior colliculus	3	1	Central nc. of the inferior colliculus
Commissure of the inferior nc.	4	2	Nc. of the trapezoid body	2	2	Superior paraolivary nc.
Deep gray layer of the superior colliculus	4	1	Peripeduncular nc.	9	6	Substantia nigra reticular part
Subpeduncular tegmental nc.	4	1	Medial longitudinal fasciculus	4	1	Substantia nigra lateral part
Parabrachial pigmented nc.	4	1	Nc. of Darkschewitsch	5	2	Ventral tegmental area rostral part
Paranigral nc.	4	1	Nc. of Darkschewitsch	5	3	Ventral tegmental area rostral part
C2 adrenaline cells	4	1	Ventrolateral periaqueductal gray	5	1	Mesencephalic trigeminal nc.
Sensory root of the trigeminal nerve	4	3	Spinal trigeminal nc. oral part	0	0	
Gracile nc. principal part	4	2	Pretectal region	8	1	A5 noradrenaline cells
Retroambiguus nc.	4	1	Rostroventrolateral reticular nc.	11	2	Rostroventrolateral reticular nc.
Red nc. magnocellular part	3	1	Locus coeruleus	3	1	Spinal vestibular nc.
Optic nerve layer of the superior colliculus	3	1	Peripeduncular nc.	3	1	Parabigeminal nc.
Superficial gray layer of the superior colliculus	3	1	Parabigeminal nc.	6	3	Pretectal region
Intermediate white layer of the superior colliculus	3	1	Substantia nigra lateral part	5	1	Brachium of the inferior colliculus
Peripeduncular nc.	3	1	Medial paleomammillary nc.	9	1	External cortex of the inferior colliculus layer 1
Dorsomedial tegmental area	3	1	Nc. of Darkschewitsch	8	2	Pontine reticular nc. oral part
Cuneiforme nc. dorsal part	3	1	Nc. of Darkschewitsch	0	0	
Lateral parabrachial nc. crescent part	3	1	Spinal trigeminal nc. caudal part	1	1	Pedunculopontine tegmental nc.
Lateral parabrachial nc. dorsal part	3	1	Spinal trigeminal nc. caudal part	8	1	Dorsolateral periaqueductal gray
Supragenual nc.	3	1	Ventral tegmental nc.	4	2	Ventrolateral periaqueductal gray
Ambiguus nc. compact part	3	2	Rostral ventral respiratory group	33	5	Nc. of the solitary tract medial part

Paraabducens nc.	3	1	Nc. of Darkschewitsch	1	1	Prepositus nc.
Facial nc. lateral subnc.	3	1	Pedunculo pontine tegmental nc.	39	15	Spinal trigeminal nc. caudal part
			Nc. of origin of efferents of the			
Genu of the facial nerve	3	2	vestibular nerve	1	1	Nc. of the trapezoid body
Medial vestibular nc. magnocellular part	3	1	Medial paralemniscal nc.	4	1	Medial paralemniscal nc.
Matrix region of the medulla	3	1	Area postrema	1	1	Spinal vestibular nc.
Inferior olive ventrolateral protrusion	3	2	Nc. Y	5	1	Nc. of Darkschewitsch
Medioventral periolivary nc.	3	1	Central nc. of the inferior colliculus	1	1	Central nc. of the inferior colliculus
Pre Boetzing complex	3	1	Boetzing complex	19	7	Spinal trigeminal nc. caudal part
			Medial vestibular nc. magnocellular			
Medial paralemniscal nc.	2	1	part	14	1	Dorsolateral periaqueductal gray
Red nc. parvicellular part	2	1	Nc. of Darkschewitsch	4	1	Spinal vestibular nc.
			Superficial gray layer of the superior			
Superior colliculus zonal layer	2	2	colliculus	0	0	
Interfascicular nc.	2	1	Edinger Westphal nc.	13	3	Ventral tegmental area rostral part
Intermediate reticular nc. alpha part	2	1	C1 adrenaline cells	12	2	Nc. of the solitary tract interstitial part
Lateral parabrachial nc. superior part	2	1	Boetzing complex	4	1	Dorsolateral periaqueductal gray
Lateral reticular nc. subtrigeminal part	2	1	Gracile nc. principal part	1	1	Parapyramidal nc.
Parvicellular reticular nc. alpha part	2	1	Supratrigeminal nc.	5	1	Substantia nigra reticular part
Subcoeruleus nc. ventral part	2	1	Lateral parabrachial nc. internal part	7	3	Ventrolateral periaqueductal gray
Perifacial zone	2	1	Boetzing complex	1	1	Rostral ventral respiratory group
Peritrigeminal zone	2	1	Lateral parabrachial nc. internal part	3	2	Mesencephalic trigeminal nc.
Dorsal cochlear nc. fusiform layer	2	2	Central nc. of the inferior colliculus	5	2	External cuneate nc.
Dorsal raphe nc. ventral part	2	1	Dorsolateral periaqueductal gray	1	1	Ventrolateral periaqueductal gray
			Rostral interstitial nc. of medial			
Raphe interpositus nc.	2	1	longitudinal fasciculus	1	1	Edinger Westphal nc.
Cuneate nc. medial part	2	1	Ambiguous nc. compact part	0	0	
			Nc. Y	5	3	Prepositus nc.
Inferior olive cap of Kooy of the medial	2	1	Medial superior olive	1	1	Central nc. of the inferior colliculus
nc.			Spinal trigeminal nc. caudal part	0	0	
Lateroventral periolivary nc.	2	1	Glossopharyngeal nerve	4	1	Pedunculo pontine tegmental nc.
Lateral paragigantocellular nc. alpha part	2	1	Interpeduncular nc.	1	1	Ventrolateral periaqueductal gray
Retrofacial nc.	2	1	Central nc. of the inferior colliculus	2	1	Central nc. of the inferior colliculus
Fasciculus retroflexus	1	1				
Sagulum nc.	1	1				
External cortex of the inferior colliculus						
layer 1	1	1	Peripeduncular nc.	0	0	
Nc. of the brachium of the inferior						
colliculus	1	1	Medial paralemniscal nc.	3	2	Dorsolateral periaqueductal gray
Commissure of the superior colliculus	1	1	Central nc. of the inferior colliculus	2	1	Central nc. of the inferior colliculus
Microcellular tegmental nc.	1	1	Rostral ventral respiratory group	3	1	Intercollicular nc.
Posterodorsal tegmental nc.	1	1	Locus coeruleus	2	1	Ventral tegmental area rostral part
Intermediate interstitial nc. of the medial						
longitudinal fasciculus	1	1	Prepositus nc.	3	1	Substantia nigra reticular part
Isthmic reticular formation	1	1	Dorsal raphe nc. dorsal part	0	0	
Precuneiform area	1	1	Medial paralemniscal nc.	0	0	
Lateral parabrachial nc. central part	1	1	Rostral ventral respiratory group	7	5	Spinal trigeminal nc. caudal part
Sphenoid nc.	1	1	Interpeduncular nc.	0	0	
Boetzing complex	1	1	Rostral ventral respiratory group	38	3	Parabrachial nc. medial
Nc. of the spinal accessory nerve	1	1	Vagus nerve or its root	0	0	
Principal sensory trigeminal nc.						
ventrolateral part	1	1	A5 noradrenaline cells	3	1	Dorsolateral periaqueductal gray
Spinal trigeminal tract	1	1	Spinal trigeminal nc. oral part	2	1	Paratrigeminal nc.
Ventral cochlear nc. anterior part	1	1	Pontine reticular nc. caudal part	0	0	
Nc. of the central acoustic tract	1	1	Medial paralemniscal nc.	0	0	
Nc. Y	1	1	Spinal vestibular nc.	4	2	Inferior olive ventrolateral protrusion
Vestibulocerebellar nc.	1	1	Edinger Westphal nc.	0	0	
Dorsal raphe nc. paramedian part	1	1	Locus coeruleus	0	0	
			Nc. of the solitary tract commissural			
Nc. of Roller	1	1	part	7	5	Spinal trigeminal nc. caudal part
Inferior olive beta subnc.	1	1	Superior vestibular nc.	4	1	Prepositus nc.
Dorsal periolivary region	1	1	Central nc. of the inferior colliculus	1	1	Dorsal nc. of the lateral lemniscus
Inferior salivatory nc.	1	1	Glossopharyngeal nerve	2	1	Koelliker Fuse nc.
Central gray alpha part	0	0		1	1	Edinger Westphal nc.
Oculomotor nc. parvicellular part	0	0		1	1	Edinger Westphal nc.
Parabrachial nc.	0	0		1	1	Edinger Westphal nc.
Commissural nc. of the inferior colliculus	0	0		2	1	Parabrachial nc. medial
External cortex of the inferior colliculus						
layer 2	0	0		2	2	Central nc. of the inferior colliculus
Anterior tegmental nc.	0	0		1	1	Edinger Westphal nc.
Dorsal tegmental decussation	0	0		1	1	Subcoeruleus nc. dorsal part
Dorsal tegmental nc. pericentral part	0	0		1	1	Nc. of the solitary tract medial part
Commissure of the lateral lemniscus	0	0		1	1	Pedunculo pontine tegmental nc.

Decussatio of the superior cerebellar peduncle	0	0	2	1	Superior vestibular nc.
Nc. O	0	0	1	1	Dorsal raphe nc. caudal part
Pontine nc. oralis	0	0	1	1	Spinal trigeminal nc. oral part
Pontine reticular nc. ventral part	0	0	9	5	Pretectal region
Lateral parabrachial nc. internal part	0	0	16	7	Spinal trigeminal nc. caudal part
Nc. medullae oblongatae centralis	0	0	1	1	Lateral vestibular nc.
Subcoeruleus nc. alpha part	0	0	5	3	Ventrolateral periaqueductal gray
Ambiguus nc. loose part	0	0	10	1	Koelliker Fuse nc.
Accessory facial nc.	0	0	4	1	Edinger Westphal nc.
Facial nc. dorsal intermediate subnc.	0	0	11	1	Ventral nc. of the lateral lemniscus
Facial nc. dorsolateral subnc.	0	0	10	1	Ventral nc. of the lateral lemniscus
Facial nc. dorsomedial subnc.	0	0	1	1	Koelliker Fuse nc.
Facial nc. ventral intermediate subnc.	0	0	1	1	Spinal trigeminal nc. oral part
Facial nc. ventromedial subnc.	0	0	3	1	Spinal trigeminal nc. caudal part
Mesencephalic trigeminal tract	0	0	1	1	Mesencephalic trigeminal nc.
Motor root of the trigeminal nerve	0	0	3	2	Mesencephalic trigeminal nc.
Paratrochlear nc.	0	0	2	1	Substantia nigra reticular part
Dorsal cochlear nc. deep core	0	0	2	1	Spinal trigeminal nc. caudal part
					Principal sensory trigeminal nc.
Dorsal cochlear nc. superficial layer	0	0	1	1	dorsomedial part
Parachochlear glial substance	0	0	5	5	Spinal trigeminal nc. caudal part
Nc. of origin of efferents of the vestibular nerve	0	0	10	5	Lateral superior olive
Solitary tract	0	0	3	1	Glossopharyngeal nerve
Vagus nerve or its root	0	0	2	1	Nc. of the spinal accessory nerve
Caudal ventrolateral medulla lateral part	0	0	11	1	Ventrolateral periaqueductal gray
Dorsal acoustic stria	0	0	1	1	External cuneate nc.
Intercalated nc. of the medulla	0	0	1	1	Parabrachial nc. medial
Linear nc. of the medulla	0	0	1	1	Median raphe nc.
Nc. interfascicularis hypoglossi	0	0	1	1	Parapyramidal nc.
Nc. X	0	0	5	5	Spinal trigeminal nc. caudal part
Inferior olive subnc. A of medial nc.	0	0	1	1	Edinger Westphal nc.
Inferior olive subnc. B of medial nc.	0	0	1	1	Edinger Westphal nc.
Inferior olive subnc. C of medial nc.	0	0	1	1	Edinger Westphal nc.
Superior salivatory nc.	0	0	21	10	Spinal trigeminal nc. caudal part

**Tabelle 16:** Distanzen der BS-Regionen im unilateralen Konnektom. Die Regionen wurden nach der Anzahl ihre kürzesten Distanzen absteigend sortiert. Out: Efferenz, In: Afferenz, S: Selbst-Referenzen, d=1: Distanz ist gleich 1.

Region	Out	Ziel	In	Ursprung	S	d=1 out	d=1 in	d=2 out	d=2 in	d=3 out	d=3 in	d=4 out	d=4 in	d=5 out	d=5 in	d=6 out	d=6 in	d=7 out	d=7 in
Ventrolateral periaqueductal gray	4	Dorsal periolivary region	4	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	1	63	34	119	100	20	40	1	4	0	0	0	0	0	0
Locus coeruleus	3	Dorsal tegmental decussation	4	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	1	51	67	140	79	12	28	0	4	0	0	0	0	0	0
Spinal trigeminal nucleus caudal part	4	Dorsal periolivary region	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	1	50	27	102	86	50	50	1	11	0	4	0	0	0	0
Dorsolateral periaqueductal gray	3	Red nucleus magnocellular part	4	Intermediate nucleus of the lateral lemniscus	1	46	10	129	91	28	62	0	15	0	0	0	0	0	0
Pedunculopontine tegmental nucleus	4	Dorsal periolivary region	4	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	1	46	32	126	107	30	35	1	4	0	0	0	0	0	0
Koeliker Fuse nucleus	4	Dorsal periolivary region	5	Superior colliculus zonal layer	2	46	29	109	90	47	49	1	9	0	1	0	0	0	0
Edinger Westphal nucleus	4	Paratrigeminal nucleus	4	Superior colliculus zonal layer	2	42	41	122	110	38	26	1	1	0	0	0	0	0	0
Raphe magnus nucleus	4	Dorsal periolivary region	4	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	1	41	43	114	108	47	22	1	5	0	0	0	0	0	0
Parabrachial nucleus medial	4	Dorsal periolivary region	4	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	2	38	31	134	111	30	32	1	4	0	0	0	0	0	0
Spinal trigeminal nucleus interpolar part	4	Dorsal periolivary region	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	1	38	21	115	86	49	55	1	12	0	4	0	0	0	0
Lateral periaqueductal gray	4	Spinal trigeminal tract	4	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	1	36	21	124	108	40	44	3	5	0	0	0	0	0	0
Median raphe nucleus	4	Dorsal periolivary region	4	Sagulum nucleus	1	36	37	128	86	38	46	1	9	0	0	0	0	0	0
Spinal trigeminal nucleus oral part	4	Dorsal periolivary region	4	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	1	34	25	135	105	33	44	1	4	0	0	0	0	0	0
Nucleus of the solitary tract medial part	4	Matrix region of the medulla	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	1	34	18	103	86	64	59	2	11	0	4	0	0	0	0
Prepositus nucleus	4	Dorsal periolivary region	4	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	1	33	26	113	98	56	48	1	6	0	0	0	0	0	0
Substantia nigra reticular part	4	Paratrigeminal nucleus	4	Sagulum nucleus	1	29	15	127	82	44	69	3	12	0	0	0	0	0	0
Raphe obscurus nucleus	4	Dorsal periolivary region	5	Superior colliculus zonal layer	1	29	27	127	112	46	28	1	10	0	1	0	0	0	0
Mesencephalic trigeminal nucleus	4	Dorsal periolivary region	4	Sagulum nucleus	1	27	32	127	92	48	43	1	11	0	0	0	0	0	0
Pretectal region	4	Paratrigeminal nucleus	4	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	1	27	28	133	113	42	33	1	4	0	0	0	0	0	0
Area postrema	4	Dorsal tegmental decussation	6	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	1	26	12	99	54	75	67	3	31	0	10	0	4	0	0
Spinal vestibular nucleus	4	Sagulum nucleus	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	1	26	7	107	46	63	97	7	24	0	4	0	0	0	0
Lateral vestibular nucleus	4	Dorsal periolivary region	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	1	25	19	115	94	62	50	1	11	0	4	0	0	0	0
A5 noradrenaline cells	4	Spinal trigeminal tract	4	Commissure of the inferior nucleus	2	24	19	116	103	60	49	3	7	0	0	0	0	0	0
Pontine reticular nucleus oral part	4	Dorsal cochlear nucleus superficial layer	4	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	2	24	27	115	104	62	42	2	5	0	0	0	0	0	0
Superior vestibular nucleus	4	Dorsal periolivary region	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	2	24	19	136	92	42	52	1	11	0	4	0	0	0	0
Pontine reticular nucleus caudal part	4	Paratrigeminal nucleus	4	Superior colliculus zonal layer	1	23	34	121	101	56	41	3	2	0	0	0	0	0	0
Subcoeruleus nucleus dorsal part	4	Dorsal cochlear nucleus superficial layer	5	Superior colliculus zonal layer	2	21	4	126	61	54	83	2	29	0	1	0	0	0	0
Nucleus of the solitary tract ventrolateral part	4	Sagulum nucleus	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	2	21	11	109	87	65	65	8	11	0	4	0	0	0	0
Raphe pallidus nucleus	4	Dorsal periolivary region	4	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	1	21	31	113	112	68	30	1	5	0	0	0	0	0	0
Nucleus of the solitary tract intermediate part	4	Dorsal tegmental decussation	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	2	20	11	84	88	93	63	6	12	0	4	0	0	0	0
Nucleus of the solitary tract commissural part	4	Spinal trigeminal tract	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	2	19	26	113	94	68	44	3	10	0	4	0	0	0	0
Dorsal paragigantocellular nucleus	4	Paratrigeminal nucleus	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	2	18	4	128	59	55	85	2	26	0	4	0	0	0	0
Dorsomedial periaqueductal gray	4	Paratrigeminal nucleus	5	Superior colliculus zonal layer	1	16	4	113	61	70	93	4	19	0	1	0	0	0	0
Rostral ventral respiratory group	4	Sagulum nucleus	5	Superior colliculus zonal layer	1	16	43	95	81	84	51	8	2	0	1	0	0	0	0
Central nucleus of the inferior colliculus	5	Paratrigeminal nucleus	4	Superior colliculus zonal layer	1	15	19	39	84	114	60	34	15	1	0	0	0	0	0

Gigantocellular reticular nucleus alpha part	4	Paratrigeminal nucleus	4	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	1	15	18	96	101	90	53	2	6	0	0	0	0	0	0
Paratrigeminal nucleus	4	Dorsal tegmental decussation	7	Superior colliculus zonal layer	3	15	2	97	15	87	54	4	72	0	25	0	9	0	1
Dorsal motor nucleus of vagus	4	Dorsal tegmental decussation	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	2	15	38	76	87	106	38	6	11	0	4	0	0	0	0
Nucleus of Darkschewitsch	4	Paratrigeminal nucleus	4	Sagulum nucleus	2	13	24	103	87	84	56	3	11	0	0	0	0	0	0
Glossopharyngeal nerve	5	Dorsal periolivary region	6	Superior colliculus zonal layer	2	13	6	62	45	101	87	26	30	1	9	0	1	0	0
Nucleus of the solitary tract lateral part	4	Matrix region of the medulla	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	2	13	12	110	87	78	61	2	14	0	4	0	0	0	0
A1 noradrenergic cells	4	Matrix region of the medulla	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	2	13	11	121	65	67	81	2	17	0	4	0	0	0	0
Ventral nucleus of the lateral lemniscus	5	Paratrigeminal nucleus	5	Superior colliculus zonal layer	2	12	8	39	26	119	99	31	42	2	3	0	0	0	0
A7 noradrenaline cells	4	Optic nerve layer of the superior colliculus	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	2	12	5	87	66	97	89	7	14	0	4	0	0	0	0
Nucleus of the trapezoid body	4	Parabigeminal nucleus	5	Superior colliculus zonal layer	1	12	12	49	93	115	66	27	6	0	1	0	0	0	0
Pontine raphe nucleus	4	Dorsal tegmental decussation	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	2	12	9	110	80	77	75	4	11	0	3	0	0	0	0
Superior paraolivary nucleus	4	Parabigeminal nucleus	4	Superior colliculus zonal layer	2	12	12	50	83	114	68	27	15	0	0	0	0	0	0
Lateral parabrachial nucleus external part	4	Commissure of the inferior nucleus	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	2	11	13	115	85	70	63	7	13	0	4	0	0	0	0
Gigantocellular reticular nucleus ventral part	4	Paratrigeminal nucleus	4	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	1	11	13	101	97	86	62	5	6	0	0	0	0	0	0
Medial vestibular nucleus parvicellular part	4	Dorsal tegmental decussation	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	1	11	2	98	25	91	97	3	48	0	6	0	0	0	0
Nucleus of the solitary tract interstitial part	5	Dorsal periolivary region	5	Sagulum nucleus	3	11	6	62	52	99	77	30	32	1	11	0	0	0	0
Rostral linear nucleus of the raphe	4	Commissure of the inferior nucleus	5	Superior colliculus zonal layer	2	11	9	96	81	81	70	15	17	0	1	0	0	0	0
Interpeduncular nucleus	4	Dorsal tegmental decussation	4	Sagulum nucleus	2	11	17	101	84	86	63	5	14	0	0	0	0	0	0
Parapyramidal nucleus	5	Dorsal periolivary region	5	Superior colliculus zonal layer	1	10	8	57	86	109	67	26	16	1	1	0	0	0	0
Dorsal raphe nucleus caudal part	4	Dorsal tegmental decussation	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	2	10	3	115	74	73	72	5	26	0	3	0	0	0	0
Dorsal raphe nucleus lateral wing	4	Dorsal periolivary region	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	2	10	9	112	86	80	65	1	14	0	4	0	0	0	0
Dorsal nucleus of the lateral lemniscus	5	Spinal trigeminal tract	5	Superior colliculus zonal layer	2	9	8	58	19	111	96	23	50	2	5	0	0	0	0
Intercollicular nucleus	4	Dorsal tegmental nucleus pericentral part	5	External cortex of the inferior colliculus layer 1	3	9	2	74	17	109	95	11	56	0	8	0	0	0	0
Ventral tegmental nucleus	4	Pontine nucleus oralis	4	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	1	9	22	88	104	99	47	7	5	0	0	0	0	0	0
Barringtons nucleus	4	Dorsal cochlear nucleus superficial layer	5	Superior colliculus zonal layer	2	9	19	129	92	63	54	2	12	0	1	0	0	0	0
Nucleus of the solitary tract central part	4	Dorsal tegmental decussation	6	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	2	9	5	81	22	107	89	6	48	0	10	0	4	0	0
Nucleus of the solitary tract dorsolateral part	5	Dorsal periolivary region	5	Sagulum nucleus	3	9	4	89	54	93	78	11	31	1	11	0	0	0	0
A2 noradrenergic cells	5	Dorsal periolivary region	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	2	9	4	96	52	84	96	13	21	1	5	0	0	0	0
External cuneate nucleus	4	Dorsal tegmental decussation	0		0	9	0	83	0	105	0	8	0	0	0	0	0	0	0
Olivary pretectal nucleus	4	Dorsal tegmental nucleus pericentral part	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	1	9	3	93	26	93	113	8	32	0	4	0	0	0	0
Lateral superior olive	5	Paratrigeminal nucleus	5	Superior colliculus zonal layer	2	9	9	40	80	113	71	39	17	2	1	0	0	0	0
Rostral interstitial nucleus of medial longitudinal fasciculus	4	Sagulum nucleus	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	2	8	7	82	68	97	85	16	14	0	4	0	0	0	0
Intermediate gray layer of the superior colliculus	4	Commissure of the inferior nucleus	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	2	8	11	76	89	109	69	10	6	0	3	0	0	0	0
Substantia nigra lateral part	4	Perifacial zone	4	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	1	8	8	117	89	74	65	4	16	0	0	0	0	0	0
Retrorubral nucleus	4	Commissure of the inferior nucleus	5	Superior colliculus zonal layer	2	8	13	88	70	98	73	9	21	0	1	0	0	0	0
Nucleus of the solitary tract dorsomedial part	5	Dorsal periolivary region	6	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	2	8	3	70	24	103	84	21	52	1	11	0	4	0	0
Nucleus of the solitary tract rostrolateral part	4	Dorsal tegmental decussation	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	2	8	5	89	52	102	93	4	24	0	4	0	0	0	0
Medial superior olive	5	Paratrigeminal nucleus	5	Superior colliculus zonal layer	1	8	8	40	56	114	101	39	12	2	1	0	0	0	0
Ventral tegmental area rostral part	4	Parabigeminal nucleus	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	3	7	5	40	55	132	85	24	29	0	4	0	0	0	0

Caudal linear nucleus of the raphe	4	Dorsal tegmental decussation	5	Superior colliculus zonal layer	2	7	5	93	83	97	72	6	17	0	1	0	0	0	0
Medullary reticular nucleus ventral part	4	Spinal trigeminal tract	5	Superior colliculus zonal layer	2	7	10	81	77	111	75	4	15	0	1	0	0	0	0
C1 adrenaline cells	4	Spinal trigeminal tract	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	1	7	14	101	77	91	70	4	13	0	4	0	0	0	0
Supratrigeminal nucleus	5	Dorsal periolivary region	5	Superior colliculus zonal layer	1	7	21	30	90	130	56	35	10	1	1	0	0	0	0
B9 serotonin cells	4	Paratrigeminal nucleus	0		0	7	0	88	0	105	0	4	0	0	0	0	0	0	0
Subpostrema area	5	Dorsal periolivary region	0		0	7	0	45	0	106	0	45	0	1	0	0	0	0	0
Nucleus of the posterior commissure	4	Red nucleus magnocellular part	4	Commissure of the inferior nucleus	2	7	6	75	72	101	89	20	11	0	0	0	0	0	0
Central gray pons part	4	Perifacial zone	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	3	6	4	101	44	90	103	6	22	0	5	0	0	0	0
Prerubral field	4	Sagulum nucleus	5	Superior colliculus zonal layer	2	6	4	77	66	103	89	17	18	0	1	0	0	0	0
C3 adrenaline cells	4	Dorsal tegmental decussation	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	3	6	3	86	48	104	101	7	21	0	5	0	0	0	0
Cochlear root of the vestibulocochlear nerve	5	Dorsal cochlear nucleus superficial layer	5	Superior colliculus zonal layer	2	6	2	45	76	124	78	27	21	1	1	0	0	0	0
Parasolitary nucleus	4	Dorsal tegmental decussation	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	2	6	5	74	78	115	77	8	14	0	4	0	0	0	0
Medial longitudinal fasciculus	4	Dorsal tegmental decussation	5	Superior colliculus zonal layer	1	5	14	71	82	119	69	8	12	0	1	0	0	0	0
Intermediate nucleus of the lateral lemniscus	5	Red nucleus magnocellular part	5	Superior colliculus zonal layer	1	5	6	19	20	65	96	102	51	12	5	0	0	0	0
Medial accessory oculomotor nucleus	4	Sagulum nucleus	5	Superior colliculus zonal layer	2	5	5	79	45	104	104	15	23	0	1	0	0	0	0
Dorsal cortex of the inferior colliculus	5	Paratrigeminal nucleus	5	Superior colliculus zonal layer	1	5	10	25	82	112	67	58	18	3	1	0	0	0	0
Paramedian reticular nucleus	5	Dorsal periolivary region	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	3	5	5	37	60	117	91	43	18	1	4	0	0	0	0
Rostroventrolateral reticular nucleus	5	Dorsal periolivary region	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	2	5	24	44	78	122	69	31	4	1	3	0	0	0	0
Lateral parabrachial nucleus ventral part	4	Sagulum nucleus	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	3	5	4	85	46	101	104	12	20	0	4	0	0	0	0
Principal sensory trigeminal nucleus dorsomedial part	5	Dorsal periolivary region	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	2	5	6	60	52	112	94	25	22	1	4	0	0	0	0
Nucleus of the solitary tract gelatinous part	5	Dorsal periolivary region	6	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	3	5	1	68	38	111	86	18	38	1	11	0	4	0	0
Nucleus of the solitary tract ventral part	5	Sagulum nucleus	6	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	4	5	3	18	26	98	88	74	46	8	11	0	4	0	0
Paramedian raphe nucleus	5	Dorsal periolivary region	5	Superior colliculus zonal layer	3	5	1	48	41	121	109	28	26	1	1	0	0	0	0
Parabigeminal nucleus	5	Paratrigeminal nucleus	5	Commissure of the inferior nucleus	3	4	2	34	12	129	95	35	62	1	7	0	0	0	0
Brachium of the inferior colliculus	5	Dorsal tegmental decussation	5	Superior colliculus zonal layer	2	4	3	23	26	88	92	81	54	7	3	0	0	0	0
Deep gray layer of the superior colliculus	5	Dorsal tegmental decussation	5	Superior colliculus zonal layer	2	4	4	19	63	106	95	71	15	3	1	0	0	0	0
Deep white layer of the superior colliculus	5	Dorsal periolivary region	5	Superior colliculus zonal layer	2	4	3	42	71	126	89	30	14	1	1	0	0	0	0
Subpeduncular tegmental nucleus	4	Sagulum nucleus	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	2	4	4	60	35	113	99	26	35	0	5	0	0	0	0
Substantia nigra compact part dorsal tier	4	Sagulum nucleus	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	3	4	2	76	50	105	92	18	30	0	4	0	0	0	0
Substantia nigra compact part ventral tier	4	Intermediate nucleus of the lateral lemniscus	5	Sagulum nucleus	2	4	1	76	14	107	82	16	69	0	12	0	0	0	0
Parabrachial pigmented nucleus	5	Dorsal cochlear nucleus superficial layer	5	Sagulum nucleus	3	4	3	28	37	124	86	45	43	2	9	0	0	0	0
Paranigral nucleus	4	Dorsal tegmental decussation	5	Sagulum nucleus	3	4	3	63	37	127	83	9	46	0	9	0	0	0	0
Dorsal tegmental nucleus central part	5	Spinal trigeminal tract	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	2	4	4	23	56	122	81	52	33	2	4	0	0	0	0
Lateral reticular nucleus parvicellular part	5	Dorsal periolivary region	5	Sagulum nucleus	3	4	2	55	35	122	92	21	38	1	11	0	0	0	0
C2 adrenaline cells	4	Perifacial zone	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	3	4	5	94	62	99	90	6	17	0	4	0	0	0	0
Dorsal raphe nucleus dorsal part	4	Paratrigeminal nucleus	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	3	4	6	101	57	94	88	4	23	0	4	0	0	0	0
Caudovernal reticular nucleus	4	Dorsal tegmental decussation	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	3	4	2	69	39	123	104	7	29	0	4	0	0	0	0
Inferior olive dorsal nucleus	5	Dorsal periolivary region	4	Fasciculus retroflexus	1	4	12	52	80	123	74	23	12	1	0	0	0	0	0
Retroambiguus nucleus	5	Dorsal periolivary region	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	2	4	9	51	61	113	88	34	16	1	4	0	0	0	0

Red nucleus magnocellular part	4	Dorsal tegmental decussation	6	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	2	3	3	81	20	115	90	4	50	0	11	0	4	0	0
Commissure of the inferior nucleus	5	Parabigeminal nucleus	5	Superior colliculus zonal layer	2	3	1	13	11	47	83	113	68	27	15	0	0	0	0
Optic nerve layer of the superior colliculus	5	Paratrigeminal nucleus	6	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	1	3	3	28	12	129	87	42	68	1	5	0	3	0	0
Superficial gray layer of the superior colliculus	6	Paratrigeminal nucleus	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	3	3	3	6	27	35	112	129	32	29	4	1	0	0	0
Intermediate white layer of the superior colliculus	5	Paratrigeminal nucleus	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	2	3	5	30	51	129	107	38	11	3	4	0	0	0	0
Peripeduncular nucleus	5	Paratrigeminal nucleus	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	3	3	9	32	70	134	83	33	13	1	3	0	0	0	0
Dorsomedial tegmental area	4	Dorsal tegmental decussation	4	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	3	3	6	72	68	120	82	8	22	0	0	0	0	0	0
Cuneiforme nucleus dorsal part	5	Dorsal cochlear nucleus superficial layer	0		0	3	0	32	0	124	0	43	0	2	0	0	0	0	0
Lateral parabrachial nucleus crescent part	5	Dorsal periolivary region	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	3	3	1	60	32	114	106	25	35	1	4	0	0	0	0
Lateral parabrachial nucleus dorsal part	5	Dorsal periolivary region	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	2	3	8	59	58	115	84	25	24	1	4	0	0	0	0
Supragenual nucleus	4	Dorsal tegmental decussation	5	Superior colliculus zonal layer	3	3	3	53	62	135	83	12	29	0	1	0	0	0	0
Paraabducens nucleus	4	Sagulum nucleus	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	2	3	1	61	25	113	98	26	48	0	6	0	0	0	0
Facial nucleus lateral subnucleus	5	Dorsal periolivary region	5	Superior colliculus zonal layer	2	3	20	79	97	106	55	14	5	1	1	0	0	0	0
Medial vestibular nucleus magnocellular part	5	Paratrigeminal nucleus	5	Peritrigeminal zone	2	3	4	46	34	119	101	34	37	1	2	0	0	0	0
Gracile nucleus principal part	4	Red nucleus magnocellular part	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	3	3	8	55	81	124	72	21	13	0	4	0	0	0	0
Matrix region of the medulla	5	Dorsal periolivary region	6	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	4	3	1	55	7	117	46	27	96	1	24	0	4	0	0
Medioventral periolivary nucleus	5	Red nucleus magnocellular part	5	Superior colliculus zonal layer	2	3	1	16	18	53	84	106	60	25	15	0	0	0	0
Pre Boetzing complex	5	Dorsal tegmental decussation	6	Superior colliculus zonal layer	3	3	12	28	50	104	79	66	27	2	9	0	1	0	0
Medial paralemniscal nucleus	5	Red nucleus magnocellular part	4	Microcellular tegmental nucleus	2	2	14	13	72	74	79	94	13	20	0	0	0	0	0
Red nucleus parvocellular part	5	Paratrigeminal nucleus	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	2	2	4	29	39	132	107	39	25	1	3	0	0	0	0
Interfascicular nucleus	4	Sagulum nucleus	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	2	2	10	59	74	113	74	29	16	0	4	0	0	0	0
Intermediate reticular nucleus alpha part	5	Matrix region of the medulla	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	3	2	11	15	47	119	89	65	27	2	4	0	0	0	0
Lateral parabrachial nucleus superior part	5	Sagulum nucleus	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	4	2	4	15	41	95	99	83	30	8	4	0	0	0	0
Lateral reticular nucleus subtrigeminal part	5	Commissure of the inferior nucleus	6	Superior colliculus zonal layer	4	2	1	18	8	106	86	74	66	3	16	0	1	0	0
Parvocellular reticular nucleus alpha part	5	Sagulum nucleus	5	Superior colliculus zonal layer	2	2	5	22	75	92	81	79	16	8	1	0	0	0	0
Subcoeruleus nucleus ventral part	6	Dorsal periolivary region	5	Superior colliculus zonal layer	4	2	5	3	81	78	76	105	15	14	1	1	0	0	0
Ambiguous nucleus compact part	5	Sagulum nucleus	5	Superior colliculus zonal layer	2	2	21	28	79	97	65	68	12	8	1	0	0	0	0
Perifacial zone	5	Sagulum nucleus	6	Superior colliculus zonal layer	2	2	1	14	42	95	81	84	51	8	2	0	1	0	0
Genu of the facial nerve	4	Dorsal tegmental decussation	6	Superior colliculus zonal layer	3	2	1	51	12	138	92	12	66	0	6	0	1	0	0
Peritrigeminal zone	6	Dorsal periolivary region	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	3	2	2	7	48	29	98	129	26	35	4	1	0	0	0
Sensory root of the trigeminal nerve	5	Dorsal periolivary region	0		0	2	0	46	0	129	0	26	0	1	0	0	0	0	0
Dorsal raphe nucleus ventral part	4	Red nucleus magnocellular part	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	2	2	1	65	33	120	100	16	40	0	4	0	0	0	0
Raphe interpositus nucleus	4	Dorsal tegmental decussation	5	Superior colliculus zonal layer	3	2	1	53	41	136	109	12	26	0	1	0	0	0	0
Cuneate nucleus medial part	6	Dorsal periolivary region	0		0	2	0	6	0	66	0	112	0	17	0	1	0	0	0
Inferior olive cap of Kooy of the medial nucleus	5	Dorsal periolivary region	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	3	2	3	24	30	134	96	42	44	1	5	0	0	0	0
Inferior olive ventrolateral protrusion	5	Dorsal periolivary region	5	Superior colliculus zonal layer	3	2	5	24	34	134	92	42	45	1	2	0	0	0	0
Lateroventral periolivary nucleus	5	Parabigeminal nucleus	5	Superior colliculus zonal layer	3	2	1	11	19	49	83	114	60	27	15	0	0	0	0
Lateral paragigantocellular nucleus alpha part	5	Dorsal periolivary region	0		0	2	0	55	0	101	0	45	0	1	0	0	0	0	0
Retrofacial nucleus	5	Sagulum nucleus	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	3	2	4	29	54	96	101	68	15	8	4	0	0	0	0



Lateral terminal nucleus of the accessory optic tract	5	Paratrigeminal nucleus	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	3	2	2	28	36	130	102	42	34	1	4	0	0	0	0
Fasciculus retroflexus	5	Dorsal tegmental decussation	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	4	1	1	11	34	101	100	85	39	5	4	0	0	0	0
Sagulum nucleus	6	Paratrigeminal nucleus	5	Superior colliculus zonal layer	2	1	2	14	18	39	86	114	57	34	15	1	0	0	0
External cortex of the inferior colliculus layer 1	6	Paratrigeminal nucleus	0		0	1	0	3	0	32	0	134	0	33	0	1	0	0	0
Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	6	Red nucleus magnocellular part	5	Superior colliculus zonal layer	5	1	2	2	36	13	98	74	39	93	3	20	0	0	0
Commissure of the superior colliculus	6	Paratrigeminal nucleus	5	Superior colliculus zonal layer	2	1	2	14	81	39	73	114	21	34	1	1	0	0	0
Superior colliculus zonal layer	7	Paratrigeminal nucleus	0		0	1	0	3	0	6	0	35	0	129	0	29	0	1	0
Microcellular tegmental nucleus	5	Sagulum nucleus	5	Superior colliculus zonal layer	2	1	3	15	68	95	92	84	14	8	1	0	0	0	0
Posterodorsal tegmental nucleus	4	Dorsal tegmental decussation	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	3	1	2	51	29	139	101	12	41	0	5	0	0	0	0
Intermediate interstitial nucleus of the medial longitudinal fasciculus	5	Dorsal periolivary region	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	2	1	3	32	41	113	94	56	36	1	4	0	0	0	0
Isthmic reticular formation	5	Paratrigeminal nucleus	0		0	1	0	4	0	101	0	94	0	4	0	0	0	0	0
Precuneiform area	6	Red nucleus magnocellular part	0		0	1	0	2	0	13	0	74	0	94	0	20	0	0	0
Lateral parabrachial nucleus central part	5	Sagulum nucleus	6	Superior colliculus zonal layer	2	1	3	15	66	95	79	84	27	8	2	0	1	0	0
Sphenoid nucleus	5	Dorsal tegmental decussation	0		0	1	0	11	0	101	0	86	0	5	0	0	0	0	0
Boetzing complex	5	Sagulum nucleus	5	Superior colliculus zonal layer	2	1	23	15	85	95	59	84	10	8	1	0	0	0	0
Nucleus of the spinal accessory nerve	1	Vagus nerve or its root	0		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Principal sensory trigeminal nucleus ventrolateral part	5	Spinal trigeminal tract	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	2	1	3	23	38	116	97	60	36	3	4	0	0	0	0
Spinal trigeminal tract	5	Dorsal periolivary region	6	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	3	1	2	34	9	134	55	33	86	1	22	0	4	0	0
Dorsal cochlear nucleus fusiform layer	6	Paratrigeminal nucleus	6	Superior colliculus zonal layer	3	1	4	15	44	38	94	114	33	34	2	1	1	0	0
Ventral cochlear nucleus anterior part	5	Paratrigeminal nucleus	0		0	1	0	23	0	121	0	56	0	3	0	0	0	0	0
Nucleus of the central acoustic tract	6	Red nucleus magnocellular part	0		0	1	0	2	0	13	0	74	0	94	0	20	0	0	0
Nucleus Y	5	Sagulum nucleus	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	3	1	3	26	71	106	73	63	27	7	4	0	0	0	0
Vestibulocerebellar nucleus	5	Paratrigeminal nucleus	0		0	1	0	42	0	122	0	38	0	1	0	0	0	0	0
Dorsal raphe nucleus paramedian part	4	Dorsal tegmental decussation	0		0	1	0	51	0	140	0	12	0	0	0	0	0	0	0
Nucleus of Roller	5	Spinal trigeminal tract	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	3	1	3	19	40	112	97	68	34	3	4	0	0	0	0
Inferior olive beta subnucleus	5	Dorsal periolivary region	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	3	1	4	24	37	135	95	42	38	1	4	0	0	0	0
Dorsal periolivary region	6	Paratrigeminal nucleus	6	Superior colliculus zonal layer	3	1	1	15	8	38	18	114	96	34	50	1	5	0	0
Inferior salivatory nucleus	6	Dorsal periolivary region	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	4	1	2	13	39	62	105	100	28	26	4	1	0	0	0
Central gray alpha part	0		5	Superior colliculus zonal layer	0	0	1	0	41	0	110	0	26	0	1	0	0	0	0
Oculomotor nucleus parvicellular part	0		5	Superior colliculus zonal layer	0	0	1	0	41	0	110	0	26	0	1	0	0	0	0
Parabrual nucleus	0		5	Superior colliculus zonal layer	0	0	1	0	41	0	110	0	26	0	1	0	0	0	0
Commissural nucleus of the inferior colliculus	0		5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	0	0	2	0	36	0	107	0	30	0	4	0	0	0	0
External cortex of the inferior colliculus layer 2	0		5	Superior colliculus zonal layer	0	0	1	0	19	0	84	0	60	0	15	0	0	0	0
Anterior tegmental nucleus	0		5	Superior colliculus zonal layer	0	0	1	0	41	0	110	0	26	0	1	0	0	0	0
Dorsal tegmental decussation	0		6	Superior colliculus zonal layer	0	0	1	0	4	0	61	0	83	0	29	0	1	0	0
Dorsal tegmental nucleus pericentral part	0		6	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	0	0	1	0	18	0	86	0	59	0	11	0	4	0	0
Commissure of the lateral lemniscus	0		5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	0	0	1	0	32	0	107	0	35	0	4	0	0	0	0
Decussatio of the superior cerebellar peduncle	0		6	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	0	0	2	0	21	0	91	0	50	0	11	0	4	0	0
Nucleus O	0		6	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	0	0	1	0	3	0	74	0	72	0	26	0	3	0	0
Pontine nucleus oralis	0		5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	0	0	1	0	25	0	105	0	44	0	4	0	0	0	0

Pontine reticular nucleus ventral part	0	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	0	0	5	0	68	0	85	0	18	0	3	0	0	0
Lateral parabrachial nucleus internal part	0	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	0	0	10	0	55	0	98	0	12	0	4	0	0	0
Nucleus medullae oblongatae centralis	0	6	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	0	0	1	0	19	0	94	0	50	0	11	0	4	0
Subcoeruleus nucleus alpha part	0	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	0	0	2	0	36	0	98	0	39	0	4	0	0	0
Ambiguus nucleus loose part	0	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	0	0	10	0	55	0	88	0	22	0	4	0	0	0
Accessory facial nucleus	0	5	Superior colliculus zonal layer	0	0	4	0	70	0	86	0	18	0	1	0	0	0
Facial nucleus dorsal intermediate subnucleus	0	4	Fasciculus retroflexus	0	0	11	0	76	0	83	0	9	0	0	0	0	0
Facial nucleus dorsolateral subnucleus	0	5	Superior colliculus zonal layer	0	0	10	0	83	0	79	0	6	0	1	0	0	0
Facial nucleus dorsomedial subnucleus	0	6	Superior colliculus zonal layer	0	0	1	0	29	0	90	0	49	0	9	0	1	0
Facial nucleus ventral intermediate subnucleus	0	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	0	0	1	0	25	0	105	0	44	0	4	0	0	0
Facial nucleus ventromedial subnucleus	0	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	0	0	3	0	39	0	105	0	28	0	4	0	0	0
Mesencephalic trigeminal tract	0	5	Sagulum nucleus	0	0	1	0	32	0	92	0	43	0	11	0	0	0
Motor root of the trigeminal nerve	0	5	Sagulum nucleus	0	0	2	0	37	0	94	0	38	0	8	0	0	0
Paratrochlear nucleus	0	5	Sagulum nucleus	0	0	2	0	17	0	82	0	67	0	11	0	0	0
Dorsal cochlear nucleus deep core	0	6	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	0	0	2	0	33	0	83	0	46	0	11	0	4	0
Dorsal cochlear nucleus superficial layer	0	6	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	0	0	1	0	6	0	52	0	94	0	22	0	4	0
Parachochlear glial substance	0	6	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	0	0	1	0	27	0	86	0	50	0	11	0	4	0
Nucleus of origin of efferents of the vestibular nerve	0	6	Superior colliculus zonal layer	0	0	5	0	29	0	99	0	43	0	2	0	1	0
Solitary tract	0	6	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	0	0	3	0	53	0	76	0	33	0	10	0	4	0
Vagus nerve or its root	0	6	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	0	0	2	0	38	0	87	0	38	0	11	0	4	0
Caudal ventrolateral medulla lateral part	0	5	Superior colliculus zonal layer	0	0	11	0	102	0	51	0	14	0	1	0	0	0
Dorsal acoustic stria	0	1	External cuneate nucleus	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Intercalated nucleus of the medulla	0	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	0	0	1	0	31	0	111	0	32	0	4	0	0	0
Linear nucleus of the medulla	0	5	Sagulum nucleus	0	0	1	0	37	0	86	0	46	0	9	0	0	0
Nucleus interfascicularis hypoglossi	0	6	Superior colliculus zonal layer	0	0	1	0	8	0	86	0	67	0	16	0	1	0
Nucleus X	0	6	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	0	0	1	0	27	0	86	0	50	0	11	0	4	0
Inferior olive subnucleus A of medial nucleus	0	5	Superior colliculus zonal layer	0	0	1	0	41	0	110	0	26	0	1	0	0	0
Inferior olive subnucleus B of medial nucleus	0	5	Superior colliculus zonal layer	0	0	1	0	41	0	110	0	26	0	1	0	0	0
Inferior olive subnucleus C of medial nucleus	0	5	Superior colliculus zonal layer	0	0	1	0	41	0	110	0	26	0	1	0	0	0
Superior salivatory nucleus	0	5	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	0	0	11	0	92	0	60	0	12	0	4	0	0	0

**Tabelle 17:** Lokale Parameter des unilateralen BS-Konnekts.

Region	REC	AvgRang	DG <sub>All</sub>	DG <sub>Out</sub>	DG <sub>In</sub>	CDC	Katz	L <sub>Circle</sub>	Triag	CyclC	Ecc <sub>Out</sub>	Ecc <sub>In</sub>	CluC <sub>Out</sub>
ROb	15	37,5882	56	29	27	0,4821	75,3809	1	993	0,1297	4	5	0,3017
RMg	22	38,6667	84	41	43	0,5119	95,4385	1	1626	0,1186	4	4	0,2396
MnR	19	40,6471	73	36	37	0,5068	81,3053	1	1189	0,1225	4	4	0,2222
LC	34	40,9804	118	51	67	0,5678	124,5391	1	2397	0,1142	3	4	0,1871
PBnMe	15	41,6078	69	38	31	0,4493	61,6917	2	1010	0,1069	4	4	0,2219
KF	13	42	75	46	29	0,3867	57,3149	2	1125	0,1062	4	5	0,1783
Sp5C	17	42,3137	77	50	27	0,3506	59,8601	1	1092	0,0966	4	5	0,1543
PPTg	21	42,3529	78	46	32	0,4103	76,0104	1	1369	0,1173	4	4	0,1812
VLPAG	28	42,3922	97	63	34	0,3505	81,0182	1	1873	0,118	4	4	0,1708
PnO	9	42,7059	51	24	27	0,5294	63,726	2	808	0,118	4	4	0,3279
EW	19	42,8039	83	42	41	0,494	76,146	2	1123	0,097	4	4	0,1446
PNC	12	43,5686	57	23	34	0,5965	72,0844	1	850	0,1137	4	4	0,3103
RPa	8	43,6275	52	21	31	0,5962	75,1138	1	748	0,1242	4	4	0,3286
SuVe	7	44,2745	43	24	19	0,4419	48,1972	2	577	0,1241	4	5	0,3025
Sp5O	13	44,7255	59	34	25	0,4237	49,2315	1	738	0,1043	4	4	0,2157
SolC	8	44,9412	45	19	26	0,5778	63,7387	2	660	0,1196	4	5	0,3421
PRT	11	45,0196	56	28	28	0,5	57,6127	1	753	0,1205	4	4	0,2526
Me5	9	45,8824	59	27	32	0,5424	71,0795	1	752	0,1098	4	4	0,1724
LVe	9	46,549	44	25	19	0,4318	51,9645	1	564	0,1117	4	5	0,235
Sp5I	8	47,1765	59	38	21	0,3559	47,0597	1	746	0,1077	4	5	0,1927
LPAG	10	47,4706	57	36	21	0,3684	54,7656	1	886	0,1297	4	4	0,2325
GiA	5	48,2549	33	15	18	0,5455	53,5891	1	405	0,1095	4	4	0,3
Bar	6	48,5098	28	9	19	0,6786	50,9693	2	340	0,1321	4	5	0,5556
Pr	20	48,5098	59	33	26	0,4407	56,0727	1	789	0,1191	4	4	0,1884
GiV	4	48,5686	24	11	13	0,5417	37,4871	1	262	0,1415	4	4	0,5273
RVRG	13	48,5686	59	16	43	0,7288	66,6081	1	419	0,0864	4	5	0,1792
A5	8	49,0392	43	24	19	0,4419	54,6945	2	597	0,1235	4	4	0,2808
IO	6	49,3725	53	15	38	0,717	82,7022	2	604	0,0894	4	5	0,1762
SolIM	10	51,7647	52	34	18	0,3462	39,0071	1	671	0,1117	4	5	0,2415
SNR	10	53,5098	44	29	15	0,3409	32,3119	1	418	0,1159	4	4	0,1823
LPBE	4	54,451	24	11	13	0,5417	31,4025	2	228	0,1357	4	5	0,3909
SolVL	6	54,4902	32	21	11	0,3438	31,8088	2	369	0,1212	4	5	0,3167
AI	5	54,8824	24	13	11	0,4583	23,7029	2	198	0,1353	4	5	0,4103
VTg	5	55,7843	32	10	22	0,6875	53,1668	1	372	0,1328	4	4	0,5
Dk	4	56	37	13	24	0,6486	41,3854	2	365	0,1224	4	4	0,4167
DRlw	2	57,3725	20	10	10	0,5	29,8024	2	167	0,1404	4	5	0,4889
SolL	4	58,1961	25	13	12	0,48	29,5901	2	183	0,1117	4	5	0,2885
DLPAG	5	58,4706	56	46	10	0,1786	26,6544	1	735	0,1252	3	4	0,215
7L	3	58,5098	23	3	20	0,8696	43,9888	2	135	0,1339	5	5	0,6667
SolIM	3	59,5686	31	20	11	0,3548	30,343	2	247	0,1139	4	5	0,2026
RVL	4	59,7843	29	5	24	0,8276	55,8615	2	255	0,1294	5	5	0,3
C1	2	59,9412	21	7	14	0,6667	35,6955	1	170	0,1385	4	5	0,5952
PnR	2	60,4706	21	12	9	0,4286	18,8399	2	171	0,1354	4	5	0,5682
Tz	7	60,5686	24	12	12	0,5	15,3969	1	188	0,1306	4	5	0,3409
RR	2	60,6471	21	8	13	0,619	26,8661	2	164	0,1335	4	5	0,4821
IP	6	61,2549	28	11	17	0,6071	32,2497	2	189	0,1212	4	4	0,3182
InG	3	62,902	19	8	11	0,5789	25,7695	2	81	0,1087	4	5	0,1786
CIC	13	63,1176	34	15	19	0,5588	17,0812	1	216	0,0926	5	4	0,2238
SNL	3	63,1373	16	8	8	0,5	18,8034	1	79	0,1372	4	4	0,4286
RLi	1	63,4706	20	11	9	0,45	19,8003	2	105	0,131	4	5	0,3545
SPO	8	63,9216	24	12	12	0,5	11,662	2	185	0,1187	4	4	0,4015
AP	5	64,4902	38	26	12	0,3158	19,1321	1	291	0,1086	4	6	0,2
MdV	1	64,7843	17	7	10	0,5882	26,1737	2	103	0,118	4	5	0,4524
SpVe	5	64,8431	33	26	7	0,2121	12,0249	1	199	0,1154	4	5	0,1462
LSO	5	65,1961	18	9	9	0,5	10,6799	2	138	0,1207	5	5	0,5139
IOD	3	66,2157	16	4	12	0,75	29,1261	1	95	0,1267	5	4	0,75
Su5	2	67,1961	28	7	21	0,75	45,4444	1	145	0,0666	5	5	0,0238
MSO	5	67,3137	16	8	8	0,5	6,9271	1	122	0,1415	5	5	0,6607
CLi	3	68	12	7	5	0,4167	19,1405	2	87	0,1523	4	5	0,7143
SubCD	1	68,3137	25	21	4	0,16	12,2469	2	197	0,1262	4	5	0,3048
DPGi	3	68,6667	22	18	4	0,1818	13,9056	2	165	0,1275	4	5	0,2974
SolRL	4	69,5294	13	8	5	0,3846	11,7911	2	81	0,1433	4	5	0,5179
DLL	5	69,9804	17	9	8	0,4706	3,8809	2	131	0,1398	5	5	0,375
VLL	7	71,2549	20	12	8	0,4	5,1013	2	169	0,1145	5	5	0,3788
mlf	0	71,3137	19	5	14	0,7368	35,6181	1	129	0,1317	4	5	0,35
DRC	2	71,7451	13	10	3	0,2308	11,0962	2	73	0,1354	4	5	0,4444
A2	2	71,8039	13	9	4	0,3077	14,1446	2	69	0,1407	5	5	0,4583
DMPAG	2	71,8235	20	16	4	0,2	12,5208	1	160	0,1368	4	5	0,3042
RI	2	72,0196	15	8	7	0,4667	17,3986	2	84	0,139	4	5	0,4464
Pr5DM	3	72,4118	11	5	6	0,5455	12,6486	2	56	0,1114	5	5	0,4
PPy	0	72,8627	18	10	8	0,4444	26,8979	1	96	0,1177	5	5	0,1778
PCom	3	73,0588	13	7	6	0,4615	16,4523	2	82	0,1406	4	4	0,5
DCIC	1	73,3529	15	5	10	0,6667	11,2073	1	86	0,1333	5	5	0,25
DRD	0	73,6667	10	4	6	0,6	15,612	3	46	0,125	4	5	0,8333
IF	1	74,6078	12	2	10	0,8333	23,0392	2	49	0,1382	4	5	0,5
AmbC	1	74,6275	23	2	21	0,913	40,1383	2	160	0,1193	5	5	0
9n	3	75,1373	19	13	6	0,3158	10,6444	2	78	0,1164	5	6	0,2628
CGP	0	75,7843	12	6	6	0,5	10,6762	3	60	0,1387	4	5	0,9
RAmb	2	76,1373	13	4	9	0,6923	21,9471	2	67	0,125	5	5	0,4167

Region	REC	AvgRang	DGAll	DGOut	DGIn	CDC	Katz	LCircle	Triag	CyclC	EccOut	EccIn	ChuCOut
A7	1	77,098	17	12	5	0,2941	16,689	2	62	0,129	4	5	0,1742
PR	2	77,7059	10	6	4	0,4	15,1851	2	47	0,1409	4	5	0,4333
C2	0	78,0196	9	4	5	0,5556	18,2199	3	47	0,1542	4	5	0,6667
LPBD	1	78,7255	11	3	8	0,7273	16,9954	2	43	0,1395	5	5	0,8333
PSol	1	79,2549	11	6	5	0,4545	17,0151	2	26	0,1267	4	5	0,1333
DMTg	0	80,5882	9	3	6	0,6667	16,3284	3	37	0,1505	4	4	1
Bo	1	81,4314	24	1	23	0,9583	42,5181	2	160	0,1208	5	5	0
MA3	2	81,4902	10	5	5	0,5	10,0271	2	39	0,1326	4	5	0,5
MPL	2	81,902	16	2	14	0,875	17,7282	2	26	0,0958	5	4	0
8cn	1	82,6275	8	6	2	0,25	7,34	2	20	0,1402	5	5	0,3
Soli	0	83,0196	17	11	6	0,3529	11,6775	3	77	0,1095	5	5	0,2455
SolDL	0	83,1961	13	9	4	0,3077	10,3531	3	64	0,1266	5	5	0,4167
MVePC	2	83,5882	13	11	2	0,1538	3,5833	1	84	0,1433	4	5	0,5091
Gr	0	84,8431	11	3	8	0,7273	18,8702	3	29	0,1319	4	5	0,1667
C3	0	85,0392	9	6	3	0,3333	12,8939	3	37	0,1412	4	5	0,5
SolCe	1	85,6471	14	9	5	0,3571	6,5728	2	63	0,1148	4	6	0,2639
VTAR	0	85,9216	12	7	5	0,4167	14,3601	3	31	0,1286	4	5	0,0714
MVeMC	1	86,2353	7	3	4	0,5714	4,7201	2	15	0,1227	5	5	0,3333
OPT	1	86,3529	12	9	3	0,25	3,4264	1	44	0,1247	4	5	0,375
PP	0	86,451	12	3	9	0,75	13,2043	3	12	0,102	5	5	0,1667
PrBo	0	86,9216	15	3	12	0,8	17,5057	3	71	0,1065	5	6	0,5
ILL	3	87,5098	11	5	6	0,5455	3,5627	1	90	0,1574	5	5	0,8
LPBV	0	87,5686	9	5	4	0,4444	9,3744	3	22	0,1321	4	5	0,35
PMn	0	88	10	5	5	0,5	14,2858	3	34	0,1303	5	5	0,3
DpG	1	88,9216	9	5	4	0,4444	6,6896	2	6	0,0895	5	5	0
SGe	0	89,0784	6	3	3	0,5	10,9718	3	17	0,138	4	5	0,5
RMC	1	89,3333	6	3	3	0,5	5,9	2	24	0,1562	4	6	1
SolDM	1	89,5882	11	8	3	0,2727	3,6303	2	47	0,1264	5	6	0,375
InWh	1	89,6078	8	3	5	0,625	10,8802	2	10	0,0863	5	5	0
DTgC	1	90,1373	8	4	4	0,5	9,4886	2	21	0,1339	5	5	0,3333
Pa5	0	90,4706	17	15	2	0,1176	1,5794	3	94	0,1167	4	7	0,3619
PCRtA	1	90,7255	7	2	5	0,7143	15,2087	2	15	0,1269	5	5	0
SNCD	0	91,6471	6	4	2	0,3333	8,2487	3	21	0,1458	4	5	0,75
IRtA	0	92,7059	13	2	11	0,8462	17,5065	3	33	0,114	5	5	0
DpWh	1	93,8235	7	4	3	0,4286	9,181	2	8	0,0985	5	5	0,1667
ROC	1	93,9608	6	2	4	0,6667	8,9238	2	15	0,131	5	5	0,5
PN	0	94,6275	7	4	3	0,4286	5,3535	3	19	0,1313	4	5	0,6667
SPTg	1	96,1176	8	4	4	0,5	6,2902	2	14	0,1272	4	5	0,4167
CVL	0	96,6471	6	4	2	0,3333	6,2455	3	19	0,1406	4	5	0,75
IOVL	0	97,2549	7	2	5	0,7143	7,3803	3	13	0,13	5	5	0
Pr5VL	1	98,4314	4	1	3	0,75	8,524	2	8	0,1458	5	5	0
LPBS	0	98,8431	6	2	4	0,6667	9,1936	4	12	0,1125	5	5	1
CVLMI	0	99,4314	11	0	11	1	38,7518	0	60	0	0	5	0
SuG	0	99,4902	6	3	3	0,5	3,2254	3	8	0,1019	6	5	0,3333
InCo	0	99,8627	11	9	2	0,1818	2,0958	3	26	0,1204	4	5	0,2639
LPBC	1	100,3725	4	1	3	0,75	8,6866	2	4	0,125	5	6	0
RfN	0	100,3725	6	2	4	0,6667	11,7899	3	11	0,1406	5	5	0
SubCV	0	100,9216	7	2	5	0,7143	14,7605	4	12	0,0625	6	5	0
IOBe	0	100,9608	5	1	4	0,8	7,2127	3	12	0,1562	5	5	0
PMnR	0	101,1176	6	5	1	0,1667	3,993	3	14	0,1417	5	5	0,5
SuS	0	101,7255	11	0	11	1	33,3158	0	48	0	0	5	0
PBP	0	102,2941	7	4	3	0,4286	6,0714	3	14	0,1222	5	5	0,4167
7DL	0	102,4706	10	0	10	1	23,7457	0	34	0	0	5	0
csc	1	102,8235	3	1	2	0,6667	7,4281	2	2	0,125	6	5	0
LTEN	0	103,1569	4	2	2	0,5	5,6868	3	7	0,1354	5	5	1
DRV	1	103,2745	3	2	1	0,3333	4,2478	2	4	0,1667	4	5	1
bic	2	104,0588	7	4	3	0,4286	2,3839	2	4	0,1108	5	5	0,0833
SNCV	1	104,7059	5	4	1	0,2	1,7008	2	12	0,1528	4	5	0,6667
IOK	0	104,7255	5	2	3	0,6	4,4842	3	7	0,1417	5	5	0
Op	0	104,7647	6	3	3	0,5	1,6325	1	8	0,0898	5	6	0,1667
SolV	0	105,8627	8	5	3	0,375	3,7025	4	18	0,1111	5	6	0,3
Pa6	1	106,1765	4	3	1	0,25	2,9433	2	10	0,1667	4	5	1
LPBCr	0	106,4314	4	3	1	0,25	3,9859	3	9	0,1667	5	5	0,8333
PBG	0	106,5098	6	4	2	0,3333	1,5848	3	8	0,1344	5	5	0,25
II	1	106,9216	4	1	3	0,75	7,1757	2	4	0,1458	5	5	0
Y	0	107,5686	4	1	3	0,75	7,1664	3	1	0,1389	5	5	0
AmbL	0	107,6667	10	0	10	1	21,2371	0	43	0	0	5	0
PnV	0	107,7451	5	0	5	1	17,4146	0	15	0	0	5	0
P7	1	107,8235	3	2	1	0,3333	3,4943	2	4	0,1667	5	6	1
LRtPC	0	107,8431	6	4	2	0,3333	5,1458	3	5	0,1323	5	5	0,25
7DI	0	108,8431	11	0	11	1	18,8269	0	12	0	0	4	0
MiTg	1	108,9608	4	1	3	0,75	7,601	2	0	0,1125	5	5	0
DCFu	0	109,451	5	1	4	0,8	6,4409	3	4	0,0917	6	6	0
Sag	1	109,549	3	1	2	0,6667	1,5016	2	4	0,1667	6	5	0
LPBI	0	109,7647	10	0	10	1	17,2876	0	19	0	0	5	0
SolG	0	110,451	6	5	1	0,1667	4,3359	3	9	0,1283	5	6	0,25
P5	0	110,9804	4	2	2	0,5	6,3137	3	6	0,0729	6	5	0
RIP	0	111,098	3	2	1	0,3333	3,993	3	3	0,1667	4	5	0

Region	REC	AvgRang	DG <sub>All</sub>	DG <sub>Out</sub>	DG <sub>In</sub>	CDC	Katz	L <sub>Circle</sub>	Triag	CyclC	Ecc <sub>Out</sub>	Ecc <sub>In</sub>	CluC <sub>Out</sub>
MVPO	1	111,1569	4	3	1	0,25	0,9044	2	10	0,1667	5	5	1
Ro	0	111,3333	4	1	3	0,75	6,7547	3	5	0,1528	5	5	0
cic	1	111,451	4	3	1	0,25	0,621	2	10	0,1667	5	5	1
BIC	0	111,7059	3	1	2	0,6667	5,6528	5	4	0,1	6	5	0
PDTg	0	114,2549	3	1	2	0,6667	4,1056	3	2	0,1458	4	5	0
Acs7	0	115,0784	4	0	4	1	13,9666	0	6	0	0	5	0
sp5	0	115,3137	3	1	2	0,6667	0,7337	3	3	0,1333	5	6	0
LVPO	0	116,5098	3	2	1	0,3333	0,9044	3	6	0,1667	5	5	1
IS	0	116,7843	3	1	2	0,6667	6,2455	4	1	0,125	6	5	0
B9	0	116,9804	7	7	0	0	0	0	30	0	4	0	0,7143
g7	0	119,4706	3	2	1	0,3333	0,8163	3	1	0,0833	4	6	0
7VM	0	120,0196	3	0	3	1	8,199	0	5	0	0	5	0
fr	0	120,1373	2	1	1	0,5	4,2478	4	1	0,125	5	5	0
EVe	0	120,3333	5	0	5	1	6,5234	0	6	0	0	6	0
LRtS5	0	120,4314	3	2	1	0,3333	1,4177	4	2	0,1125	5	6	0,5
DPO	0	121,4314	2	1	1	0,5	0,2141	3	2	0,1667	6	6	0
sol	0	121,4706	3	0	3	1	8,045	0	3	0	0	6	0
Mx	0	122,1765	4	3	1	0,25	0,64	4	3	0,1083	5	6	0,3333
ECu	0	123,3725	9	9	0	0	0	0	15	0	4	0	0,2083
SubCA	0	123,5686	2	0	2	1	5,6528	0	2	0	0	5	0
m5	0	124,5882	2	0	2	1	6,1156	0	2	0	0	5	0
DCDp	0	124,7059	2	0	2	1	5,6134	0	2	0	0	6	0
10n	0	125,7451	2	0	2	1	4,347	0	0	0	0	6	0
CnFD	0	127,2353	3	3	0	0	0	0	5	0	5	0	0,8333
xscp	0	127,5686	2	0	2	1	5,26	0	2	0	0	6	0
SubP	0	128,8824	7	7	0	0	0	0	17	0	5	0	0,4048
S5	0	135,549	2	2	0	0	0	0	1	0	5	0	0,5
LPBGiA	0	135,7059	2	2	0	0	0	0	1	0	5	0	0,5
Com	0	136,6275	2	0	2	1	3,805	0	0	0	0	5	0
IOB	0	136,6275	1	0	1	1	3,993	0	0	0	0	5	0
IOA	0	136,7059	1	0	1	1	3,993	0	0	0	0	5	0
IOC	0	137,0588	1	0	1	1	3,993	0	0	0	0	5	0
3PC	0	139,3529	1	0	1	1	3,993	0	0	0	0	5	0
ATg	0	139,9412	1	0	1	1	3,993	0	0	0	0	5	0
CGA	0	140	1	0	1	1	3,993	0	0	0	0	5	0
Pa4	0	140,0196	2	0	2	1	2,4391	0	0	0	0	5	0
PaR	0	140,0784	1	0	1	1	3,993	0	0	0	0	5	0
7DM	0	140,1961	1	0	1	1	3,0083	0	0	0	0	6	0
7VI	0	140,9608	1	0	1	1	2,5856	0	0	0	0	5	0
c1l	0	141,0196	1	0	1	1	3,9859	0	0	0	0	5	0
Li	0	141,0588	1	0	1	1	4,2628	0	0	0	0	5	0
PCGS	0	141,1961	1	0	1	1	3,1414	0	0	0	0	6	0
MdDc	0	141,5098	1	0	1	1	2,7285	0	0	0	0	6	0
PnOr	0	141,902	1	0	1	1	2,5856	0	0	0	0	5	0
In	0	142,0196	1	0	1	1	3,2372	0	0	0	0	5	0
me5	0	142,2745	1	0	1	1	3,7281	0	0	0	0	5	0
X	0	143,2745	1	0	1	1	3,1414	0	0	0	0	6	0
DCNsL	0	143,5686	1	0	1	1	0,6726	0	0	0	0	6	0
ECICL2	0	143,9412	1	0	1	1	0,9044	0	0	0	0	5	0
CuMED	0	144,0196	2	2	0	0	0	0	0	0	6	0	0
DTgP	0	144,4314	1	0	1	1	2,0509	0	0	0	0	6	0
VeCb	0	145,1569	1	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0
DRpm	0	145,4902	1	1	0	0	0	0	0	0	4	0	0
VCA	0	145,9412	1	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0
O	0	146,1373	1	0	1	1	0,5914	0	0	0	0	6	0
das	0	146,1569	1	0	1	1	0,0111	0	0	0	0	1	0
NIFH	0	147,1765	1	0	1	1	1,4177	0	0	0	0	6	0
Neck	0	147,5882	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
dtgx	0	147,7647	1	0	1	1	0,6516	0	0	0	0	6	0
SCzo	0	148,7647	1	1	0	0	0	0	0	0	7	0	0
isRT	0	150,2157	1	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0
PCnFa	0	150,8039	1	1	0	0	0	0	0	0	6	0	0
NCAT	0	151,0392	1	1	0	0	0	0	0	0	6	0	0
ECICL1	0	151,8039	1	1	0	0	0	0	0	0	6	0	0
Sph	0	151,8627	1	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0

Region	CluC <sub>In</sub>	CluC <sub>All</sub>	CluC <sub>Trig</sub>	CluC <sub>2</sub>	AvgDG <sub>ab</sub>	VC <sub>DG</sub>	Lev	Loc	CC <sub>Out</sub>	CC <sub>In</sub>	BC	IN
ROb	0,3547	0,2665	0,3256	0,0166	43,63	0,6149	0,2065	0,378	0,4776	0,4684	0,018	497
RMg	0,2353	0,188	0,2347	0,0129	36,02	0,6979	0,4553	0,5349	0,4903	0,5159	0,0401	1308
MnR	0,2395	0,1785	0,2279	0,0239	33,65	0,7982	0,445	0,462	0,4951	0,466	0,0336	1006
LC	0,1651	0,1254	0,1745	0,0083	30,27	0,7685	0,6276	0,6064	0,5531	0,5494	0,1216	2769
PBnMe	0,2065	0,1698	0,2166	0,0167	35,33	0,7901	0,4103	0,3903	0,5075	0,4877	0,0387	881
KF	0,2549	0,175	0,2037	0,0204	33,37	0,7638	0,4521	0,5238	0,4963	0,4484	0,0325	985
Sp5C	0,265	0,1438	0,1877	0,0226	31,1	0,8646	0,5035	0,452	0,4975	0,431	0,0361	1026
PPTg	0,3085	0,1711	0,2295	0,017	34,56	0,7884	0,4606	0,4558	0,5179	0,485	0,0437	1089
VLPAG	0,2674	0,1543	0,2024	0,0129	32,75	0,7771	0,5476	0,5528	0,5562	0,4824	0,0616	1640
PnO	0,3291	0,2509	0,3191	0,0203	41,62	0,6802	0,2098	0,367	0,4531	0,4672	0,0148	403
EW	0,1902	0,1225	0,1659	0,0249	28,53	0,9318	0,5616	0,4332	0,5025	0,519	0,0876	1410
PNC	0,2549	0,2081	0,2683	0,0202	38,09	0,7232	0,293	0,3713	0,4562	0,485	0,04	547
RPa	0,286	0,2458	0,2838	0,0169	41,8	0,6458	0,1988	0,3857	0,4462	0,4877	0,0152	449
SuVe	0,345	0,2603	0,322	0,023	42,33	0,6987	0,1441	0,3102	0,4776	0,4208	0,0228	294
Sp5O	0,2267	0,1874	0,2173	0,0191	37,3	0,7937	0,3402	0,3532	0,4988	0,4648	0,0446	639
SolC	0,34	0,2635	0,336	0,0257	41,22	0,6677	0,1496	0,3373	0,4403	0,4384	0,0118	295
PRT	0,2354	0,2116	0,2462	0,0192	38,22	0,7399	0,2916	0,3785	0,481	0,4824	0,0613	557
Me5	0,253	0,1755	0,2209	0,0201	35,18	0,785	0,3529	0,3805	0,4732	0,4576	0,0334	638
LVe	0,4211	0,2563	0,301	0,0282	40,54	0,6886	0,1647	0,3284	0,4572	0,4228	0,0175	307
Sp5I	0,2548	0,1867	0,219	0,0212	35,76	0,7627	0,3427	0,4134	0,4856	0,4178	0,0198	581
LPAG	0,3571	0,2257	0,2793	0,0168	39,91	0,6879	0,2663	0,408	0,488	0,4576	0,0232	497
GiA	0,4771	0,3333	0,3872	0,0297	46,29	0,6362	-0,0364	0,2833	0,4186	0,4417	0,0044	140
Bar	0,4211	0,3701	0,457	0,0331	49,86	0,6285	-0,135	0,2149	0,4375	0,4269	0,0022	75
Pr	0,3046	0,2072	0,2333	0,029	35,67	0,8081	0,3538	0,3572	0,4721	0,4564	0,0373	633
GiV	0,4231	0,4526	0,4816	0,0306	56	0,5132	-0,2825	0,2158	0,4134	0,4269	0,003	61
RVRG	0,1118	0,1121	0,1234	0,0369	27,61	0,8308	0,4478	0,2913	0,4143	0,4798	0,0678	587
A5	0,4269	0,2782	0,3335	0,0226	43,89	0,6475	0,0965	0,3104	0,4531	0,445	0,0107	279
I0	0,256	0,197	0,2201	0,0215	36,87	0,7392	0,2807	0,3665	0,3988	0,4564	0,0206	440
SolM	0,2941	0,2033	0,2549	0,0377	32,69	0,8142	0,331	0,4125	0,4614	0,413	0,0192	418
SNR	0,3381	0,1791	0,2233	0,0326	34,62	0,8903	0,2772	0,2726	0,4765	0,4101	0,0221	323
LPBE	0,4551	0,3579	0,4191	0,0364	50,75	0,5457	-0,256	0,182	0,4238	0,4009	0,0015	73
SolVL	0,5636	0,3477	0,3765	0,0295	47	0,6318	-0,0654	0,259	0,4356	0,4009	0,0043	126
A1	0,3636	0,348	0,3653	0,0398	48,95	0,6372	-0,2076	0,1763	0,4375	0,3771	0,0051	91
VTg	0,3485	0,3319	0,3788	0,0316	44,33	0,6303	-0,0346	0,2823	0,3988	0,4552	0,004	129
Dk	0,2246	0,2188	0,2757	0,0346	36,64	0,8035	0,1613	0,274	0,4203	0,4341	0,0095	200
DRlw	0,4	0,3987	0,4441	0,0382	53	0,4954	-0,3672	0,1707	0,4247	0,3982	0,0011	52
SolL	0,3258	0,2857	0,3091	0,0391	45,67	0,6773	-0,1376	0,1728	0,4274	0,4	0,0039	99
DLPAG	0,3444	0,2016	0,2394	0,017	37,57	0,7485	0,3011	0,4254	0,5232	0,4064	0,016	315
7L	0,2316	0,2316	0,27	0,0389	42,9	0,6607	-0,1326	0,1442	0,3759	0,4406	0,0079	39
SolIM	0,4273	0,2354	0,2673	0,0493	36,32	0,7314	0,0444	0,2491	0,4134	0,4009	0,0034	134
RVL	0,3225	0,3083	0,3172	0,0437	43,08	0,5644	-0,0972	0,2399	0,3452	0,4258	0,0011	71
C1	0,3956	0,383	0,4087	0,0379	52,37	0,5607	-0,3131	0,1825	0,4076	0,3956	0,0026	62
PnR	0,25	0,3626	0,4111	0,0386	47,53	0,6427	-0,2434	0,1861	0,4238	0,3929	0,0022	58
Tz	0,3636	0,261	0,3494	0,0607	29,94	1,0263	0,1065	0,2378	0,3606	0,4188	0,0121	92
RR	0,3974	0,3655	0,3942	0,0534	44,74	0,5876	-0,227	0,2014	0,3949	0,3861	0,0019	55
IP	0,2169	0,1948	0,254	0,0424	36,18	0,9585	0,1102	0,1671	0,4134	0,4149	0,0147	134
InG	0,3545	0,2667	0,2411	0,045	42,5	0,7706	-0,1639	0,1347	0,3859	0,4092	0,0093	70
CIC	0,1842	0,1548	0,1971	0,0947	19,14	1,3203	0,4386	0,3239	0,353	0,4169	0,0407	225
SNL	0,2857	0,2564	0,3376	0,0494	45,46	0,7892	-0,2629	0,1145	0,4229	0,4	0,0097	44
RLi	0,1806	0,2719	0,2778	0,0544	38,47	0,8086	-0,1308	0,1771	0,4012	0,3921	0,0025	71
SPO	0,2955	0,275	0,3451	0,0739	27,06	1,048	0,1325	0,2452	0,3612	0,4027	0,0212	87
AP	0,2955	0,1894	0,2085	0,0406	33,55	0,7714	0,181	0,283	0,4403	0,343	0,0079	234
MdV	0,4	0,4	0,3815	0,047	50,63	0,5711	-0,3827	0,1583	0,3919	0,3921	0,001	40
SpVe	0,4286	0,1349	0,1902	0,0531	27,75	0,8441	0,2457	0,2297	0,4442	0,3518	0,0144	125
LSO	0,4306	0,3333	0,4662	0,1009	27,23	1,0813	0,0057	0,2318	0,3418	0,3921	0,0035	37
IOD	0,3712	0,3974	0,406	0,0524	48,69	0,5664	-0,3538	0,1426	0,3537	0,4027	0,0036	23
Su5	0,2524	0,1815	0,1928	0,0428	34,19	0,7334	0,063	0,1967	0,3372	0,43	0,0076	117
MSO	0,4286	0,4	0,5304	0,0905	26,55	0,8616	-0,058	0,2656	0,3406	0,3739	0,0049	27
CLi	0,7	0,625	0,6905	0,0495	67	0,4139	-0,6419	0,1022	0,3996	0,387	0,0001	10
SubCD	0,6667	0,3207	0,3294	0,0312	46,25	0,6351	-0,1507	0,2165	0,4582	0,3596	0,0059	49
DPGi	0,75	0,3012	0,3618	0,0365	46,11	0,7106	-0,1599	0,1617	0,4552	0,3553	0,0015	34
SolRL	0,55	0,5833	0,5473	0,0592	54,89	0,5775	-0,4924	0,1217	0,3996	0,3532	0,0005	14
DLL	0,6786	0,3636	0,5	0,136	22	0,6188	-0,0267	0,3009	0,3631	0,3184	0,0084	36
VLL	0,625	0,3333	0,4617	0,1064	24,31	0,6225	-0,0126	0,2727	0,3494	0,3296	0,0022	45
mIf	0,4121	0,3772	0,3772	0,0425	48,58	0,6029	-0,3101	0,1915	0,3787	0,4064	0,0012	42
DRC	0,5	0,4455	0,4803	0,0456	56,64	0,6122	-0,4261	0,108	0,4238	0,367	0,0043	15
A2	0,5833	0,4273	0,4539	0,0793	50,09	0,509	-0,5011	0,119	0,398	0,3525	0,0004	20
DMPAG	0,9167	0,366	0,4255	0,0393	50,06	0,6439	-0,2728	0,1839	0,4338	0,3663	0,0003	10
RI	0,2619	0,3782	0,4078	0,0575	46,08	0,5542	-0,3558	0,137	0,3852	0,3755	0,001	29
Pr5DM	0,6333	0,4464	0,5385	0,0955	39,13	0,6621	-0,3384	0,125	0,3587	0,356	0,0037	10
PPy	0,625	0,3137	0,3137	0,0498	43,78	0,7002	-0,219	0,1766	0,3625	0,3956	0,0086	51
PCom	0,6	0,4889	0,5467	0,0616	48,2	0,5093	-0,4792	0,1301	0,3773	0,3861	0,0002	14
DCIC	0,4889	0,3681	0,4135	0,0826	27,43	1,0158	-0,1157	0,2702	0,3187	0,3947	0,0027	29
DRD	0,4	0,5111	0,5111	0,0484	64,4	0,4977	-0,5721	0,0936	0,4028	0,3589	0,0043	12
IF	0,3444	0,3364	0,3769	0,064	44,64	0,7851	-0,3929	0,1079	0,353	0,3836	0,0006	8
AmbC	0,319	0,3117	0,3175	0,0534	38,82	0,6837	-0,0893	0,2352	0,3071	0,4169	0,0027	25
9n	0,1333	0,2083	0,2321	0,1064	26,06	0,7108	0,0154	0,188	0,3698	0,3371	0,0095	68
CGP	0,1333	0,4545	0,4545	0,0541	52,42	0,6702	-0,4785	0,1265	0,4044	0,3724	0,0019	20

Region	CluCIn	CluCAil	CluCTriag	CluC2	AvgDGnb	VCDG	Lev	Loc	CCOut	CCIn	BC	IN
RAmb	0,5278	0,4182	0,4408	0,0702	47,55	0,5133	-0,4851	0,1237	0,3464	0,3716	0,0004	18
A7	0,55	0,2	0,2296	0,0523	41,88	0,6368	-0,3031	0,1045	0,402	0,3708	0,0016	42
PR	0,9167	0,5	0,5465	0,0649	57	0,4919	-0,5707	0,0888	0,378	0,3708	0,0002	9
C2	0,65	0,6528	0,6528	0,0597	65,56	0,4468	-0,7076	0,1031	0,3957	0,3655	0,0001	8
LPBD	0,375	0,3778	0,3981	0,064	54,6	0,3834	-0,6234	0,0879	0,3555	0,3625	0,0002	14
PSol	0,45	0,1889	0,2407	0,0697	45,5	0,7653	-0,3736	0,0639	0,3823	0,3803	0,0014	22
DMTg	0,3667	0,5139	0,5139	0,0589	56,56	0,5444	-0,6129	0,0975	0,3766	0,3739	0,0005	9
Bo	0,2708	0,2708	0,2909	0,0598	36,48	0,7201	-0,026	0,2293	0,2934	0,4289	0	4
MA3	0,5	0,3571	0,4535	0,0757	45,13	0,5863	-0,5142	0,088	0,3794	0,3532	0,0002	11
MPL	0,1374	0,1374	0,1102	0,0885	28,14	0,9722	0,0079	0,1111	0,2796	0,3982	0,0143	28
8cn	0,5	0,381	0,3704	0,0934	43,29	0,7934	-0,5569	0,0836	0,3494	0,3739	0,0012	5
Soli	0,5	0,2831	0,2831	0,0677	35,35	0,6283	-0,2345	0,1794	0,3645	0,3397	0,0006	39
SolDL	0,6667	0,4103	0,4103	0,0523	51,15	0,4952	-0,5034	0,1281	0,3942	0,339	0,0002	19
MVePC	1	0,5091	0,5526	0,0578	48,18	0,6155	-0,4597	0,1649	0,4126	0,315	0,0001	4
Gr	0,2321	0,2636	0,2636	0,0582	48,64	0,6372	-0,4575	0,0791	0,3574	0,3886	0,0014	16
C3	1	0,5139	0,5139	0,0719	57,78	0,5212	-0,6456	0,0952	0,3919	0,3483	0,0001	9
SolCe	0,25	0,3718	0,35	0,0682	40,69	0,7012	-0,3636	0,1529	0,3934	0,3058	0,0004	16
VTAR	0,5	0,2348	0,2348	0,0801	35,67	0,8367	-0,2498	0,1083	0,3506	0,3525	0,0009	23
MVeMC	0,5	0,5	0,375	0,0802	40,17	0,6075	-0,6092	0,0973	0,3423	0,334	0,0001	7
OPT	0,3333	0,2818	0,3385	0,0718	32,27	0,8052	-0,2232	0,1562	0,402	0,3284	0,0019	18
PP	0,0833	0,0909	0,0909	0,0903	24,5	0,9129	-0,1007	0,0851	0,3355	0,3828	0,0083	25
PrBo	0,2803	0,3381	0,3381	0,0724	37,2	0,6214	-0,2844	0,1766	0,3147	0,3504	0,0003	8
ILL	0,9333	0,8393	0,8654	0,0701	21	0,2787	-0,2924	0,5	0,2884	0,3162	0	3
LPBV	0,3333	0,3056	0,3056	0,0554	53,22	0,5548	-0,5761	0,0678	0,3859	0,3504	0,0004	13
PMn	0,45	0,3778	0,3778	0,0633	52,2	0,4591	-0,6059	0,0902	0,3344	0,3633	0,0006	11
DpG	0,3333	0,1071	0,0857	0,1051	23,38	0,74	-0,3064	0,0829	0,3222	0,3708	0,0014	17
SGe	0,8333	0,5667	0,5667	0,0712	61,83	0,5983	-0,7064	0,065	0,3612	0,3589	0,0001	4
RMC	1	0,8	0,8571	0,0789	59,4	0,5127	-0,7852	0,0783	0,3859	0,3007	0,0001	2
SolDM	0,6667	0,4111	0,4352	0,0874	43,9	0,4423	-0,5414	0,1194	0,3718	0,3017	0,0001	7
InWh	0,3	0,1905	0,1852	0,0928	39,14	0,6608	-0,4933	0,0602	0,3295	0,3618	0,0008	12
DTgC	0,4167	0,381	0,3889	0,1207	34	0,6448	-0,4903	0,1081	0,3207	0,349	0,0001	9
Pa5	0,5	0,3456	0,3456	0,0514	43,41	0,6697	-0,2806	0,1724	0,4177	0,2665	0,001	17
PCrIA	0,55	0,4	0,375	0,0599	61,5	0,3258	-0,7711	0,0532	0,2994	0,3812	0,0002	6
SNCD	1	0,7	0,7	0,0671	60,83	0,3218	-0,7988	0,0785	0,3738	0,3436	0	2
IRIA	0,2364	0,2115	0,2115	0,1265	28,15	0,6301	-0,229	0,1381	0,308	0,356	0,0005	17
DpWh	0,3333	0,2333	0,2	0,0864	45,67	0,4993	-0,6487	0,0524	0,3435	0,3763	0,0002	9
ROC	0,6667	0,6	0,5357	0,1138	42,6	0,1834	-0,747	0,0896	0,3295	0,3436	0	2
PN	0,5	0,4524	0,4524	0,0863	46,57	0,7707	-0,5738	0,0847	0,3711	0,3213	0,0005	7
SPTg	0,1667	0,2381	0,2593	0,089	38,43	0,6015	-0,5739	0,0695	0,358	0,3321	0,0002	10
CVL	0,5	0,6333	0,6333	0,0772	65,67	0,4275	-0,8037	0,0667	0,3766	0,3371	0	2
IOVL	0,45	0,3095	0,3095	0,1744	25,43	0,7599	-0,3762	0,1212	0,3253	0,3302	0,0002	9
Pr5VL	0,8333	0,8333	0,8	0,1284	65,33	0,3522	-0,8724	0,0471	0,3123	0,334	0	1
LPBS	0,75	0,4	0,4	0,0924	52,17	0,4902	-0,7422	0,0598	0,2946	0,341	0	7
CVLMI	0,5455	0,5455	0,5455	0,039	68,55	0,4008	-0,6721	0,1023	0	0,4172	0	0
SuG	0,3333	0,2667	0,2667	0,2095	15,5	1,1941	-0,1265	0,1647	0,2583	0,329	0,005	9
InCo	0	0,2364	0,2364	0,0804	34,27	0,7284	-0,3086	0,1054	0,3845	0,3043	0,0007	13
LPBC	0,5	0,5	0,4	0,0954	62,67	0,168	-0,8771	0,0378	0,2934	0,3589	0	1
RFN	0,4167	0,3667	0,3667	0,084	54,17	0,4351	-0,7495	0,0541	0,3076	0,3596	0,0002	5
SubCV	0,4	0,2857	0,2857	0,0715	54,43	0,5069	-0,6803	0,0515	0,2751	0,387	0,0002	6
IOBe	0,5	0,6	0,6	0,1503	38	0,4171	-0,7086	0,0955	0,3243	0,3327	0	1
PMnR	0	0,4667	0,4667	0,0996	47,5	0,599	-0,6695	0,0738	0,3494	0,343	0,0001	3
SuS	0,4364	0,4364	0,4364	0,0508	58,36	0,4715	-0,632	0,0993	0	0,4041	0	0
PBP	0,3333	0,3333	0,3333	0,1335	31,57	0,6935	-0,5014	0,1014	0,3264	0,323	0,0001	6
7DL	0,3778	0,3778	0,3778	0,0598	50,6	0,4888	-0,5729	0,0932	0	0,405	0	0
csc	0,5	0,5	0,5	0,1052	76	0,5526	-0,8941	0,0265	0,2613	0,3779	0	0
LTen	1	0,5833	0,5833	0,1209	47,5	0,5021	-0,7756	0,0601	0,3274	0,3321	0,0001	2
DRV	0	1	1	0,1364	76,5	0,268	-0,9192	0,0331	0,3651	0,326	0	0
bic	0,1667	0,1	0,1053	0,1464	16,2	0,599	-0,3068	0,1139	0,3025	0,3167	0,0009	9
SNCV	0	0,6667	0,6667	0,106	53	0,4204	-0,7889	0,0637	0,3752	0,2913	0	1
IOK	0,3333	0,35	0,35	0,1643	30	0,6759	-0,5272	0,0839	0,3253	0,3225	0,0001	4
Op	0,1667	0,2667	0,2667	0,1814	18,33	0,9493	-0,3257	0,1619	0,3285	0,2952	0,0019	5
SolV	0,5	0,3214	0,3214	0,1049	32,13	0,4873	-0,5353	0,1088	0,3025	0,3058	0,0001	6
Pa6	0	1	1	0,0981	59,67	0,3148	-0,862	0,0578	0,3574	0,3139	0	0
LPBCr	0	0,75	0,75	0,0921	68,25	0,1356	-0,8874	0,0492	0,3561	0,3278	0	2
PBG	0	0,2667	0,2667	0,1303	27,33	0,7888	-0,4322	0,0897	0,3367	0,2997	0,0034	6
II	0,3333	0,3333	0,4	0,1445	48,67	0,1504	-0,8454	0,0417	0,3212	0,3352	0	1
Y	0	0,0833	0,0833	0,1086	40,75	1,1275	-0,5255	0,0309	0,3085	0,3625	0,0005	3
AmbL	0,4778	0,4778	0,4778	0,0972	42,6	0,4509	-0,5553	0,1384	0	0,3638	0	0
PnV	0,75	0,75	0,75	0,0813	63	0,3531	-0,8352	0,0667	0	0,3706	0	0
P7	0	1	1	0,1348	41,5	0,4217	-0,8405	0,0617	0,2938	0,3248	0	0
LRtPC	0	0,1667	0,1667	0,115	42,33	0,6171	-0,6345	0,0442	0,3568	0,3207	0,0002	8
7DI	0,1091	0,1091	0,1091	0,0738	32,45	0,8095	-0,2759	0,0667	0	0,3996	0	0
MiTg	0	0	0	0,1117	49,33	0,5715	-0,7474	0,027	0,2934	0,3739	0	2
DCFu	0,1667	0,2	0,2	0,0911	40,6	0,6014	-0,6813	0,0452	0,2616	0,341	0,0004	3
Sag	1	1	1	0,15	24,5	0,3878	-0,7523	0,1064	0,2613	0,2972	0	0
LPBI	0,2111	0,2111	0,2111	0,0878	38,3	0,6875	-0,3998	0,0797	0	0,3714	0	0
SolG	0	0,3	0,3	0,0986	44,83	0,6382	-0,675	0,0577	0,3684	0,3145	0,0001	2
P5	1	0,5	0,5	0,1323	39	0,5382	-0,7312	0,0667	0,2537	0,345	0	1

Region	CluCIn	CluCAII	CluCTriag	CluC2	AvgDGnb	VCDG	Lev	Loc	CCOut	CCIn	BC	IN
RIP	0	0,5	0,5	0,0849	72	0,5939	-0,8491	0,0282	0,3599	0,343	0	1
MVPO	0	1	1	0,1159	24,67	0,2985	-0,7013	0,1471	0,2736	0,2947	0	0
Ro	0,1667	0,4167	0,4167	0,1127	50,25	0,3964	-0,8248	0,0459	0,3066	0,3358	0	1
cic	0	1	1	0,1536	22	0,1286	-0,6883	0,1667	0,2682	0,2876	0	1
BIC	1	0,6667	0,6667	0,1239	56,33	0,587	-0,8408	0,0424	0,2195	0,3309	0	0
PDTg	0	0,3333	0,3333	0,1126	60,33	0,7255	-0,8131	0,0279	0,3574	0,3225	0,0001	1
Acs7	0,5	0,5	0,5	0,0794	71,5	0,1225	-0,8926	0,0357	0	0,3737	0	0
sp5	0	0,5	0,5	0,1361	36,33	0,4764	-0,8122	0,0566	0,3339	0,2685	0	0
LVPO	0	1	1	0,1159	24,67	0,2985	-0,7666	0,1324	0,2664	0,2952	0	0
IS	0,5	0,1667	0,1667	0,1461	54,33	0,462	-0,8557	0,0247	0,271	0,3378	0,0001	2
B9	0	0,7143	0,7143	0,0773	63,86	0,4517	-0,7657	0,0887	0,3969	0	0	0
g7	0	0,1667	0,1667	0,1193	49	1,0082	-0,6594	0,0274	0,3587	0,2962	0,0003	2
7VM	0,8333	0,8333	0,8333	0,1153	65	0,1305	-0,9105	0,0421	0	0,339	0	0
fr	0	0,5	0,5	0,1346	62,5	0,552	-0,9131	0,0242	0,2938	0,3272	0	0
EVe	0,3	0,3	0,3	0,1438	28,2	0,5564	-0,5279	0,0815	0	0,3266	0	0
LRtS5	0	0,3333	0,3333	0,1464	29,33	0,7217	-0,7296	0,0581	0,3043	0,2848	0	1
DPO	0	1	1	0,1405	25,5	0,3333	-0,8392	0,0816	0,2616	0,2422	0	0
sol	0,5	0,5	0,5	0,1156	49,67	0,4791	-0,8484	0,0411	0	0,3297	0	0
Mx	0	0,25	0,25	0,1394	44,75	0,2128	-0,8293	0,0398	0,3518	0,2614	0	2
ECu	0	0,2083	0,2083	0,0794	40,44	0,8913	-0,332	0,0688	0,3927	0	0	0
SubCA	1	1	1	0,1364	76,5	0,268	-0,9453	0,0265	0	0,3297	0	0
m5	1	1	1	0,162	43,5	0,3563	-0,9005	0,0471	0	0,3255	0	0
DCDp	1	1	1	0,1291	68	0,1324	-0,9419	0,0299	0	0,3086	0	0
10n	0	0	0	0,2058	27	0,963	-0,297	0,037	0	0,3158	0	0
CnFD	0	0,8333	0,8333	0,1541	48,33	0,1734	-0,8796	0,0571	0,3285	0	0	0
xscp	1	1	1	0,234	43,5	0,0115	-0,9121	0,0471	0	0,3003	0	0
SubP	0	0,4048	0,4048	0,1252	34,14	0,5347	-0,5804	0,1081	0,34	0	0	0
S5	0	0,5	0,5	0,1584	59	0	-0,9344	0,0256	0,3458	0	0	0
LPBGiA	0	0,5	0,5	0,1469	51	0,5098	-0,9006	0,0297	0,34	0	0	0
Com	0	0	0	0,172	44	0,5682	-0,8766	0,0227	0	0,3346	0	0
IOB	0	0	0	0,1265	83	0	-0,9762	0,012	0	0,3429	0	0
IOA	0	0	0	0,1265	83	0	-0,9762	0,012	0	0,3429	0	0
IOC	0	0	0	0,1265	83	0	-0,9762	0,012	0	0,3429	0	0
3PC	0	0	0	0,1265	83	0	-0,9762	0,012	0	0,3429	0	0
ATg	0	0	0	0,1265	83	0	-0,9762	0,012	0	0,3429	0	0
CGA	0	0	0	0,1265	83	0	-0,9762	0,012	0	0,3429	0	0
Pa4	0	0	0	0,1827	33	0,3333	-0,8732	0,0303	0	0,2959	0	0
PaR	0	0	0	0,1265	83	0	-0,9762	0,012	0	0,3429	0	0
7DM	0	0	0	0,1809	75	0	-0,9737	0,0133	0	0,3108	0	0
7VI	0	0	0	0,196	59	0	-0,9667	0,0169	0	0,3185	0	0
cII	0	0	0	0,1773	78	0	-0,9747	0,0128	0	0,3278	0	0
Li	0	0	0	0,1854	73	0	-0,973	0,0137	0	0,3191	0	0
PCGS	0	0	0	0,1487	77	0	-0,9744	0,013	0	0,3024	0	0
MdDc	0	0	0	0,2718	44	0	-0,9556	0,0227	0	0,2983	0	0
PnOr	0	0	0	0,196	59	0	-0,9667	0,0169	0	0,3185	0	0
In	0	0	0	0,1763	69	0	-0,9714	0,0145	0	0,329	0	0
me5	0	0	0	0,1828	59	0	-0,9667	0,0169	0	0,3151	0	0
X	0	0	0	0,1487	77	0	-0,9744	0,013	0	0,3024	0	0
DCNsL	0	0	0	0,5952	11	0	-0,8333	0,0909	0	0,2636	0	0
ECICL2	0	0	0	0,1711	34	0	-0,9429	0,0294	0	0,2954	0	0
CuMED	0	0	0	0,2752	19,5	0,1795	-0,8089	0,0513	0,2716	0	0	0
DTgP	0	0	0	0,2134	52	0	-0,9623	0,0192	0	0,2934	0	0
VeCb	0	0	0	0,1265	83	0	-0,9762	0,012	0,3355	0	0	0
DRpm	0	0	0	0,1284	118	0	-0,9832	0,0085	0,3573	0	0	0
VCA	0	0	0	0,2178	57	0	-0,9655	0,0175	0,3143	0	0	0
O	0	0	0	0,5444	13	0	-0,8571	0,0769	0	0,2696	0	0
das	0	0	0	0,2679	9	0	-0,8	0,1111	0	1	0	0
NIFH	0	0	0	0,3529	18	0	-0,8947	0,0556	0	0,2846	0	0
Neck	0	0	0	0	2	0	-0,3333	0,5	1	0	0	0
dtgx	0	0	0	0,3498	25	0	-0,9231	0,04	0	0,2656	0	0
SCzo	0	0	0	0,4	6	0	-0,7143	0,1667	0,2061	0	0	0
isRT	0	0	0	0,6389	10	0	-0,8182	0,1	0,2881	0	0	0
PCnFa	0	0	0	0,1603	16	0	-0,8824	0,0625	0,2194	0	0	0
NCAT	0	0	0	0,1603	16	0	-0,8824	0,0625	0,2194	0	0	0
ECICL1	0	0	0	0,1091	12	0	-0,8462	0,0833	0,2522	0	0	0
Sph	0	0	0	0,2143	28	0	-0,931	0,0357	0,2935	0	0	0



Region	EC	SC	PRC	FC	Stress	Shapley	Z <sub>out</sub>	Z <sub>in</sub>	Z <sub>All</sub>	PC <sub>Out</sub>	PC <sub>In</sub>	PC <sub>All</sub>
ROb	0,5732	12577686,38	0,3608	0,4683	8841	-0,8718	2,1766	1,4322	2,0785	0,6635	0,6612	0,669
RMg	0,7344	20229482,74	0,4954	0,4603	17167	-1,5391	1,1262	2,0094	1,6544	0,6722	0,6739	0,682
MnR	0,6202	14591588,43	0,4161	0,4588	11969	-1,4045	2,9236	2,0094	2,5981	0,4738	0,6384	0,571
LC	0,8575	30839981,85	0,7218	0,4852	34775	-3,3974	2,1747	4,0903	3,3059	0,6905	0,6233	0,661
PBnMe	0,6397	10853726,89	0,3422	0,4064	13477	-1,0493	2,262	1,7403	2,2942	0,4474	0,5536	0,499
KF	0,6021	9453821,147	0,3376	0,3493	10995	-0,9663	2,8463	2,6598	3,1159	0,4991	0,2996	0,431
Sp5C	0,6621	11504083,84	0,2611	0,3766	14309	-1,028	3,4306	1,5871	2,9665	0,452	0,5322	0,487
PPTg	0,7449	16426482,08	0,3744	0,4546	14094	-1,9457	2,9236	2,4553	2,8341	0,6096	0,4609	0,556
VLPAG	1	23408755,08	0,3271	0,4506	20921	-2,7704	2,6126	1,2806	2,2942	0,6364	0,6367	0,637
PnO	0,4541	7999994,063	0,2466	0,3711	6220	-0,4328	1,1262	1,5635	1,4185	0,6285	0,5679	0,602
EW	0,6036	12651160,05	0,5136	0,4224	21487	-2,1639	2,7738	3,0499	3,07	0,5805	0,539	0,562
PNC	0,4581	9625836,357	0,3656	0,3889	15915	-0,5946	-0,3768	1,2941	0,5148	0,6087	0,6349	0,632
RPa	0,4062	8864771,648	0,3802	0,3399	8852	-0,3688	0,8322	1,9335	1,5396	0,6531	0,7118	0,7
SuVe	0,4538	6065924,164	0,2432	0,3563	9020	-0,998	1,7253	0,9689	1,4185	0,434	0,5208	0,477
Sp5O	0,6043	8597390,625	0,2968	0,4043	13964	-1,209	1,2103	1,5871	1,5473	0,5952	0,4768	0,559
SolC	0,3275	5764932,041	0,2625	0,3649	4384	-0,6705	1,0935	1,7403	1,5473	0,2659	0,4822	0,4
PRT	0,5224	8748000,684	0,3502	0,3904	21220	-0,9373	1,276	1,7121	1,5758	0,6607	0,5663	0,618
Me5	0,4311	8922656,518	0,2742	0,349	11464	-0,596	1,3272	1,2806	1,4726	0,4856	0,5996	0,565
LVe	0,4002	6073356,376	0,195	0,3916	8817	-0,3815	1,8751	0,8203	1,4185	0,448	0,554	0,507
Sp5I	0,5645	7734188,415	0,2093	0,3098	9733	-0,3923	2,1452	0,9741	1,8461	0,5111	0,5261	0,522
LPAG	0,6168	9750258,861	0,2237	0,3451	8807	-0,5171	1,5609	0,6677	1,3232	0,5988	0,6032	0,601
GiA	0,2668	4188253,604	0,1737	0,3505	2255	0,0184	0,3841	1,4322	1,0007	0,7111	0,6914	0,711
Bar	0,2448	3438463,563	0,1633	0,3571	1088	-0,0161	0,0777	0,523	0,3175	0,4444	0,5873	0,554
Pr	0,5025	8150038,292	0,2698	0,5655	11431	-2,1251	3,373	2,3067	2,9913	0,2681	0,3314	0,297
GiV	0,2756	3032237,622	0,1671	0,3658	1369	0,0851	0,3841	0,9309	0,7313	0,6446	0,6982	0,691
RVRG	0,2455	4656493,146	1	0,3261	20023	-3,1935	0,2754	3,7324	1,9954	0,6172	0,4532	0,506
A5	0,3898	5899281,171	0,2108	0,3765	4222	-0,7092	1,0935	0,3612	0,875	0,4688	0,6316	0,561
10	0,1447	3289812,517	0,3324	0,2609	8791	-0,5832	0,626	2,5065	1,622	0,3467	0,5526	0,513
	0,463	5222989,682	0,1664	0,3496	7551	-0,4262	3,08	1,1274	2,5183	0,0571	0,3642	0,178
SolM	0,4628	4317620,283	0,167	0,3788	6835	-1,0602	1,8751	0,8203	1,4185	0,5517	0,4356	0,52
SNR	0,2713	2344941,479	0,1048	0,3658	880	0,1042	0,2754	0,6677	0,5015	0,314	0,2722	0,292
LPBE	0,3391	2986884,96	0,0993	0,3462	2803	-0,081	1,3272	0,5144	1,0991	0,254	0,1653	0,225
SolVL	0,3011	1960571,888	0,1345	0,4035	2110	-0,064	-0,0751	0,5144	0,2027	0,568	0,1653	0,486
Al	0,2392	3689475,421	0,2418	0,3063	1969	-0,0005	0,2275	1,8607	1,1039	0,46	0,314	0,373
VTg	0,2597	2957292,291	0,2627	0,2917	3901	-0,0023	0,527	1,8607	1,2612	0,4852	0,4062	0,435
Dk	0,2475	2017679,28	0,1146	0,3203	668	0,259	0,2275	-0,22	0,0029	0,46	0,48	0,535
DRlw	0,2241	1837466,676	0,1153	0,3619	2501	0,1063	0,626	-0,099	0,3521	0,142	0,5694	0,422
SolL	0,802	6213562,469	0,1237	0,1784	5286	-0,1971	1,7285	-0,072	1,0007	0,6843	0,56	0,686
DLPAG	0,1008	1216391,846	0,2805	0,15	2287	-0,1882	-0,5426	0,208	-0,2454	0,4444	0,64	0,628
7L	0,2242	1875405,649	0,113	0,287	2023	0,1858	1,2103	0,0547	0,8003	0,265	0,5455	0,379
SolIM	0,096	1476083,265	0,2246	0,1933	528	0,1479	-0,5426	1,1274	0,2027	0,64	0,5729	0,595
RVL	0,1933	2012190,53	0,1564	0,2807	1283	0,1777	-0,4257	0,6677	0,0534	0,4898	0,3571	0,49
C1	0,2933	1521112,242	0,1082	0,3099	1068	0,2937	0,527	0,2257	0,3961	0,4028	0,3457	0,381
PnR	0,0593	261648,2709	0,2072	0,5037	3704	-0,5241	1,9552	1,8439	2,0224	0,2917	0,2778	0,288
Tz	0,1962	1455705,657	0,1198	0,2982	730	0,2826	-0,0721	0,523	0,2388	0,5312	0,4852	0,513
RR	0,209	1861260,421	0,2226	0,3918	4491	-0,3784	0,527	1,2662	0,9466	0,2975	0,3045	0,304
IP	0,0902	648927,5804	0,1082	0,3542	2675	0,2054	0,4977	-0,63	-0,0882	0,5312	0,6116	0,676
InG	0,0465	228782,0971	0,4578	0,6476	10532	-2,9934	3,1213	3,2185	3,3792	0,1244	0,3324	0,251
CIC	0,2171	1195400,887	0,1518	0,391	3451	0,137	-0,0721	-0,22	-0,1544	0,5312	0,6562	0,609
SNL	0,2227	1201389,291	0,1182	0,2865	922	0,3363	0,3772	-0,518	-0,0757	0,4298	0,716	0,645
RLi	0,0523	166773,0641	0,3077	0,5667	7320	-0,8313	2,2467	2,1188	2,3239	0,1528	0,1528	0,156
SPO	0,3501	1916774,939	0,1216	0,2907	4513	-0,1011	1,9115	0,0547	1,2485	0,2041	0,5694	0,349
AP	0,1294	921418,2084	0,1375	0,2875	572	0,3668	-0,3088	0,3612	-0,0213	0,5714	0,18	0,388
MdV	0,3247	1136403,973	0,1348	0,2341	4985	-1,1047	1,1262	0,0771	0,6321	0,5947	0,2449	0,553
SpVe	0,0379	111132,0924	0,1504	0,4872	1674	0,0878	1,3722	1,2941	1,4193	0,1975	0,1975	0,198
IOD	0,113	960545,3812	0,1332	0,2885	1348	0,2336	-0,5215	0,3744	-0,0757	0,5	0,5	0,531
Su5	0,0316	419137,3407	0,2262	0,2231	2000	-0,1748	-0,0751	0,9741	0,4268	0,2449	0,5578	0,503
MSO	0,0399	77688,3519	0,1675	0,5364	2104	0,0005	1,3722	1,0192	1,2686	0	0,2188	0,117
CLi	0,2037	1075529,565	0,0876	0,4444	108	0,2344	-0,0721	-0,072	-0,0757	0,449	0	0,292
SubCD	0,3821	1315874,21	0,0551	0,1504	2066	0,3538	1,5755	-0,815	0,3961	0,381	0,625	0,538
DPGi	0,3494	1362821,005	0,05	0,2018	640	0,2308	0,8266	-0,369	0,2388	0,537	0,375	0,512
SolRL	0,1695	550882,6512	0,0538	0,5	265	0,1538	0,0417	-0,252	-0,096	0,2188	0	0,142
DLL	0,0567	58661,2973	0,1565	0,5076	2866	-0,2479	1,0807	1,2941	1,2686	0,3704	0	0,215
VLL	0,0447	61754,1254	0,1588	0,5705	710	-0,0676	2,2467	1,0192	1,7208	0,1528	0,2188	0,185
mIf	0,1129	1174836,68	0,1489	0,2047	624	0,4512	-0,5215	0,8203	0,1602	0,48	0,3673	0,482
DRC	0,2439	751036,5597	0,0596	0,2545	994	0,3114	0,3772	-0,518	-0,0757	0,32	0,4444	0,355
A2	0,2103	830364,0879	0,0701	0,3091	536	0,3085	-0,9603	-0,072	-0,6158	0,4938	0,625	0,615
DMPAG	0,338	1227415,007	0,0474	0,2026	170	0,3188	0,1586	-0,712	-0,2454	0,6016	0,625	0,615
RI	0,1764	849972,733	0,083	0,3462	368	0,2124	0,0777	0,2257	0,1602	0,4062	0	0,24
Pr5DM	0,0945	334170,5857	0,0583	0,4821	1113	0,2437	-0,192	-0,099	-0,1707	0	0	0
PPy	0,1023	790613,3245	0,1037	0,2614	2157	-0,0495	0,0417	-0,252	-0,096	0,42	0,4688	0,5
PCom	0,1516	688465,7648	0,0762	0,4333	143	0,2354	-0,0721	0,0771	0,0029	0,4082	0	0,26
DCIC	0,0177	57332,3493	0,1709	0,2692	852	0,3924	0,2062	1,2941	0,8163	0,32	0,34	0,338
DRD	0,1551	676930,8599	0,0884	0,2667	868	0,461	-0,5215	-0,22	-0,3903	0,625	0,4444	0,54
IF	0,0621	391421,5823	0,1197	0,1727	195	0,4047	-0,5215	-0,22	-0,3903	0	0,64	0,611
AmbC	0,0204	222766,3888	0,2079	0,0887	789	0,3848	-0,5426	2,0468	0,6509	0	0,0907	0,083
9n	0,1569	442025,0735	0,1996	0,3125	4720	-0,4774	0,7429	-0,099	0,4268	0	0	0
CGP	0,1866	549507,4227	0,0809	0,2727	658	0,4618	-0,0721	-0,072	-0,0757	0,2778	0,2778	0,292

Region	EC	SC	PRC	FC	Stress	Shapley	ZOut	ZIn	ZAll	PCOut	PCIn	PCAll
RAmb	0,0489	293648,5565	0,1087	0,3091	214	0,326	-0,3088	0,208	-0,096	0	0,1975	0,142
A7	0,1463	684277,9358	0,0609	0,2458	590	0,396	0,2062	-0,905	-0,3898	0,7083	0,56	0,706
PR	0,1294	543562,7582	0,0591	0,3929	136	0,3239	-0,0721	-0,22	-0,1544	0,2778	0	0,18
C2	0,137	698003,4607	0,0747	0,2778	98	0,4619	-0,9603	-0,072	-0,6158	0,375	0,64	0,642
LPBD	0,0929	438923,3189	0,0569	0,2556	136	0,3934	-0,4257	0,0547	-0,2454	0	0,2188	0,165
PSol	0,1009	471908,9688	0,0637	0,3222	503	0,4014	-0,6683	-0,63	-0,6913	0,6667	0,56	0,694
DMTg	0,0873	393819,8713	0,091	0,25	202	0,466	-0,3717	-0,22	-0,3117	0	0,5	0,37
Bo	0,0125	144516,6833	0,2733	0,0435	34	0,4999	-0,6594	2,2	0,6509	0	0,1626	0,156
MA3	0,1078	294567,537	0,0519	0,4107	91	0,3306	-0,0721	-0,072	-0,0757	0	0	0
MPL	0,0049	24045,6999	0,2782	0,1429	4616	-0,0902	-0,3768	0,7443	0,2133	0	0,7041	0,664
8cn	0,0712	145807,9356	0,0518	0,2619	225	0,3244	0,2062	-0,63	-0,239	0,5	0,5	0,531
Soli	0,0772	249890,6911	0,0623	0,2426	390	0,4738	0,5092	-0,099	0,2774	0	0	0
SolDL	0,1615	469187,4507	0,0468	0,2308	215	0,468	0,2754	-0,405	-0,0213	0	0	0
MVePC	0,2264	238677,2033	0,0364	0,1818	66	0,3333	0,527	-0,518	0,0029	0,314	0	0,272
Gr	0,0703	363566,1263	0,0945	0,2182	400	0,3952	-0,5426	-0,099	-0,3948	0,4444	0,4062	0,43
C3	0,1203	435261,3812	0,0613	0,25	111	0,4783	-0,9603	-0,072	-0,6158	0,4444	0,4444	0,593
SolCe	0,1171	207596,2848	0,0486	0,2821	151	0,3877	0,1586	-0,252	-0,0213	0,1975	0	0,133
VTAR	0,0554	220973,9542	0,0566	0,2652	362	0,3932	0,0777	-0,518	-0,233	0,2449	0,64	0,486
MVeMC	0,0441	57447,0155	0,1575	0,3667	2979	0,2455	-0,6683	-0,63	-0,6913	0,4444	0,375	0,408
OPT	0,1573	157921,895	0,0609	0,2364	609	0,2322	-0,0721	-0,518	-0,3117	0,5679	0,4444	0,542
PP	0,0378	134628,6645	0,1671	0,2045	3585	0,3974	-0,6683	0,7443	0,0625	0,4444	0,4938	0,542
PrBo	0,0204	97349,9772	0,0991	0,1714	88	0,4946	-0,4257	0,8209	0,1281	0	0	0
ILL	0,011	11134,1633	0,1307	0,4821	3	0,2393	0,4977	0,7443	0,6655	0	0	0
LPBV	0,1301	341094,3426	0,0567	0,2778	227	0,4839	-0,3088	-0,558	-0,4695	0,32	0,375	0,37
PMn	0,0449	175495,1581	0,0731	0,2778	202	0,4875	-0,192	-0,405	-0,3201	0	0,32	0,18
DpG	0,029	53100,3551	0,1086	0,3393	395	0,414	-0,3768	-0,355	-0,3898	0,64	0,625	0,642
SGe	0,0579	178036,7767	0,0499	0,3	56	0,4889	-0,3717	-0,666	-0,5476	0	0,6667	0,5
RMC	0,0925	150358,6973	0,0447	0,4	44	0,4078	-0,5215	-0,369	-0,4689	0,4444	0	0,278
SolDM	0,1159	115116,9913	0,0462	0,2556	109	0,405	0,1586	-0,558	-0,1707	0	0	0
InWh	0,0345	104967,0586	0,063	0,3333	402	0,4139	-0,5215	-0,518	-0,5476	0,4444	0,64	0,625
DTgC	0,0434	113824,6645	0,0732	0,3571	34	0,405	-0,2219	-0,22	-0,233	0	0	0
Pa5	0,262	110241,2628	0,0421	0,1103	438	0,4108	0,8597	-0,712	0,2027	0,1244	0	0,111
PCRtA	0,0141	59213,7321	0,0792	0,3	99	0,4119	-0,5426	-0,712	-0,6936	0	0,48	0,49
SNCD	0,0776	179474,5663	0,0418	0,2667	9	0,4926	-0,5215	-0,518	-0,5476	0,5	0	0,444
IRtA	0,0251	118311,9644	0,1	0,141	191	0,496	-0,5426	0,6677	-0,0213	0	0	0
DpWh	0,0482	123257,3722	0,09	0,3667	96	0,4078	-0,4257	-0,865	-0,6936	0,375	0,4444	0,571
ROC	0,0397	98266,5708	0,0553	0,35	30	0,4144	-0,5215	-0,22	-0,3903	0	0	0
PN	0,0903	133812,2957	0,0526	0,2857	210	0,4927	-0,2219	-0,369	-0,3117	0	0	0
SPTg	0,067	117258,9707	0,0553	0,3571	104	0,4119	-0,3717	-0,22	-0,3117	0,375	0	0,219
CVL	0,0944	156538,7012	0,039	0,2667	5	0,4944	-0,5426	-0,712	-0,6936	0,5	0	0,444
IOVL	0,0239	47666,8694	0,0752	0,2381	85	0,491	-0,5215	-0,072	-0,3117	0	0	0
Pr5VL	0,0198	46467,9391	0,0392	0,3333	0	0,5	-0,6594	-0,712	-0,7683	0	0,4444	0,375
LPBS	0,0131	33609,8208	0,0396	0,2667	35	0,5852	-0,5426	-0,558	-0,6189	0	0,375	0,278
CVLMI	0	1	0,1275	0	0	1	-0,7763	0,208	-0,3948	1	0,3967	0,397
SuG	0,0058	5228,9717	0,0627	0,3	3131	0,3968	-0,0853	-0,63	-0,3898	0	0,4444	0,444
InCo	0,1174	67757,101	0,0373	0,1636	216	0,4951	0,7892	-0,63	0,0625	0,4444	0,5	0,463
LPBC	0,0125	30109,4095	0,0868	0,3333	12	0,5	-0,6594	-0,558	-0,6936	0	0	0
RfN	0,0204	65205,8135	0,0534	0,2667	227	0,4943	-0,5426	-0,558	-0,6189	0	0,375	0,278
SubCV	0,0051	21081,9667	0,094	0,2381	73	0,5853	-0,5426	-0,405	-0,5442	0	0,32	0,245
IOBe	0,023	46246,9102	0,0521	0,2	13	0,5788	-0,6713	-0,369	-0,5476	0	0,375	0,32
PMnR	0,0898	95547,5352	0,0355	0,1667	43	0,5761	0,3841	-1,074	-0,3464	0,48	0	0,5
SuS	0	1	0,1268	0	0	1	-0,7763	-0,099	-0,5442	1	0,595	0,595
PBP	0,0508	84792,7262	0,0509	0,2857	45	0,4948	-0,2219	-0,369	-0,3117	0	0	0
7DL	0	1	0,0942	0	0	1	-0,9598	-0,081	-0,5405	1	0,66	0,66
csc	0,0024	4893,9254	0,063	0,5	0	0,5	-0,6683	-0,63	-0,6913	0	0,5	0,444
LTen	0,0345	54934,7435	0,0369	0,3333	41	0,4952	-0,5215	-0,518	-0,5476	0	0	0
DRV	0,0914	108629,6574	0,0295	0,5	0	0,5	-0,5121	-1,074	-0,8853	0,5	0	0,444
bic	0,0102	6549,2783	0,066	0,5	151	0,3288	-0,0853	-0,081	-0,0882	0,375	0	0,245
SNCV	0,1037	49100,007	0,03	0,25	12	0,5	-0,3717	-0,666	-0,5476	0,375	0	0,32
IOK	0,0239	29549,0359	0,0454	0,3	24	0,4933	-0,5215	-0,518	-0,5476	0	0,4444	0,32
Op	0,0299	13665,8551	0,0639	0,3	1460	0,4912	-0,3768	-0,081	-0,239	0,4444	0	0,278
SolV	0,0164	16896,8128	0,0376	0,2679	18	0,4998	-0,192	-0,712	-0,4695	0	0,4444	0,219
Pa6	0,0693	57053,0243	0,032	0,3333	0	0,5	-0,3717	-0,666	-0,5476	0	0	0
LPBCr	0,0929	103974,6509	0,032	0,25	14	0,5749	-0,4257	-1,018	-0,7683	0	0	0,375
PBG	0,0466	20461,0703	0,0451	0,2667	2315	0,4776	-0,6683	-0,63	-0,6913	0,375	0,5	0,611
II	0,0255	50361,5646	0,0455	0,3333	18	0,5	-0,6713	-0,369	-0,5476	0	0	0
Y	0,0165	32775,2669	0,0884	0,25	197	0,4182	-0,6713	-0,369	-0,5476	0	0	0
AmbL	0	1	0,0959	0	0	1	-0,7763	0,5144	-0,2454	1	0	0
PnV	0	1	0,0656	0	0	1	-0,8211	-0,369	-0,6262	1	0,56	0,56
P7	0,0131	12602,4033	0,0782	0,5	0	0,5	-0,5426	-0,865	-0,7683	0	0	0
LRtPC	0,0834	120282,5583	0,0425	0,2667	86	0,492	-0,3088	-0,712	-0,5442	0	0	0
7DI	0	1	0,1817	0	0	1	-0,9598	0,4694	-0,239	1	0,6281	0,628
MiTg	0,0125	26299,5785	0,0886	0,3333	15	0,4999	-0,9598	-0,63	-0,842	0	0,6667	0,625
DCFu	0,0024	4245,0397	0,0512	0,2	162	0,5833	-0,6683	-0,355	-0,5405	0	0,5	0,48
Sag	0,0024	987,8781	0,0801	0,5	0	0,5	-0,6683	-0,355	-0,5405	0	0	0
LPBI	0	1	0,1221	0	0	1	-0,7763	0,208	-0,3948	1	0,32	0,32
SolG	0,0661	76324,307	0,0439	0,1667	40	0,5808	-0,192	-0,865	-0,5442	0	0	0
P5	0,0016	2842,0213	0,0411	0,3333	10	0,5855	-0,5426	-0,712	-0,6936	0	0	0

Region	EC	SC	PRC	FC	Stress	Shapley	ZOut	ZIn	ZAll	PCOut	PCIn	PCAll
RIP	0,0525	55804,4903	0,0355	0,3333	9	0,5811	-0,5215	-0,666	-0,6262	0	0	0
MVPO	0,007	1772,3837	0,051	0,3333	0	0,5	-0,0853	-0,63	-0,3898	0	0	0
Ro	0,0166	31274,3372	0,0371	0,25	2	0,5811	-0,6594	-0,712	-0,7683	0	0,4444	0,375
cic	0,0076	1237,2433	0,0469	0,3333	0	0,5	-0,0853	-0,63	-0,3898	0	0	0
BIC	0,0002	393,0416	0,0318	0,3333	0	0,59	-0,9603	-0,573	-0,8853	0	0,5	0,667
PDTg	0,0435	47713,5002	0,0407	0,3333	43	0,5853	-0,6713	-0,518	-0,6262	0	0	0
Acs7	0	1	0,058	0	0	1	-0,7763	-0,558	-0,7683	1	0,375	0,375
sp5	0,0307	6103,5571	0,0318	0,3333	0	0,5855	-0,6594	-0,865	-0,843	0	0,5	0,444
LVPO	0,0047	1177,6841	0,051	0,3333	0	0,5833	-0,3768	-0,63	-0,5405	0	0	0
IS	0,008	13204,9193	0,039	0,3333	95	0,5868	-0,6594	-0,712	-0,7683	0	0	0
B9	0,1807	1	0,0251	0	0	1	-0,064	-1,074	-0,6158	0,5714	1	0,571
g7	0,0435	9736,9544	0,0397	0,3333	149	0,6643	-0,5215	-0,815	-0,7049	0	0	0,444
7VM	0	1	0,0416	0	0	1	-0,7763	-0,558	-0,7683	1	0	0
fr	0,0106	12597,3264	0,0295	0,5	0	0,6687	-0,6713	-0,815	-0,7835	0	0	0,5
EVe	0	1	0,0758	0	0	1	-0,8211	-0,22	-0,5476	1	0,32	0,32
LRtS5	0,016	6283,6173	0,0339	0,3333	4	0,5878	-0,5426	-0,865	-0,7683	0	0	0
DPO	0,0024	128,4214	0,0398	0,5	0	0,6666	-0,6683	-0,63	-0,6913	0	0	0
sol	0	1	0,0614	0	0	1	-0,7763	-0,558	-0,7683	1	0	0
Mx	0,0704	12495,9189	0,0295	0,25	16	0,5855	-0,5121	-1,074	-0,8853	0,4444	0	0,625
ECu	0,1359	1	0,0251	0	0	1	-0,0853	-0,905	-0,5405	0,716	1	0,716
SubCA	0	1	0,0318	0	0	1	-0,9603	-0,573	-0,8853	1	0,5	0,5
m5	0	1	0,0612	0	0	1	-0,7763	-0,712	-0,843	1	0	0
DCDp	0	1	0,0342	0	0	1	-0,7763	-0,712	-0,843	1	0	0
10n	0	1	0,0652	0	0	1	-1	1	0	1	0,5	0,5
CnFD	0,0595	1	0,0251	0	0	1	-0,5215	-0,815	-0,7049	0,4444	1	0,444
xscp	0	1	0,0403	0	0	1	-0,8211	-0,518	-0,7049	1	0	0
SubP	0,0473	1	0,0251	0	0	1	0,0417	-1,018	-0,4695	0	1	0
S5	0,0593	1	0,0251	0	0	1	-0,5426	-1,018	-0,843	0	1	0
LPBGiA	0,045	1	0,0251	0	0	1	-0,5426	-1,018	-0,843	0	1	0
Com	0	1	0,0458	0	0	1	-0,7763	-0,712	-0,843	1	0	0
IOB	0	1	0,0355	0	0	1	-0,8211	-0,666	-0,7835	1	0	0
IOA	0	1	0,0355	0	0	1	-0,8211	-0,666	-0,7835	1	0	0
IOC	0	1	0,0355	0	0	1	-0,8211	-0,666	-0,7835	1	0	0
3PC	0	1	0,0355	0	0	1	-0,8211	-0,666	-0,7835	1	0	0
ATg	0	1	0,0355	0	0	1	-0,8211	-0,666	-0,7835	1	0	0
CGA	0	1	0,0355	0	0	1	-0,8211	-0,666	-0,7835	1	0	0
Pa4	0	1	0,0323	0	0	1	-0,8211	-0,518	-0,7049	1	0	0
PaR	0	1	0,0355	0	0	1	-0,8211	-0,666	-0,7835	1	0	0
7DM	0	1	0,0313	0	0	1	-0,7763	-0,865	-0,9177	1	0	0
7VI	0	1	0,0325	0	0	1	-0,7763	-0,865	-0,9177	1	0	0
cII	0	1	0,032	0	0	1	-0,8211	-0,666	-0,7835	1	0	0
Li	0	1	0,0349	0	0	1	-0,8211	-0,666	-0,7835	1	0	0
PCGS	0	1	0,0295	0	0	1	-0,7763	-0,865	-0,9177	1	0	0
MdDc	0	1	0,0317	0	0	1	-0,8211	-0,666	-0,7835	1	0	0
PnOr	0	1	0,0325	0	0	1	-0,7763	-0,865	-0,9177	1	0	0
In	0	1	0,0327	0	0	1	-0,7763	-0,865	-0,9177	1	0	0
me5	0	1	0,0337	0	0	1	-0,7763	-0,865	-0,9177	1	0	0
X	0	1	0,0295	0	0	1	-0,7763	-0,865	-0,9177	1	0	0
DCNsL	0	1	0,035	0	0	1	-0,7763	-0,865	-0,9177	1	0	0
ECICL2	0	1	0,051	0	0	1	-0,9598	-0,63	-0,842	1	0	0
CuMED	0,0068	1	0,0251	0	0	1	-0,6713	-0,815	-0,7835	0,5	1	0,5
DTgP	0	1	0,0292	0	0	1	-0,7763	-0,865	-0,9177	1	0	0
VeCb	0,0306	1	0,0251	0	0	1	-0,6713	-0,815	-0,7835	0	1	0
DRpm	0,0435	1	0,0251	0	0	1	-0,6713	-0,815	-0,7835	0	1	0
VCA	0,0232	1	0,0251	0	0	1	-0,6683	-0,905	-0,842	0	1	0
O	0	1	0,0301	0	0	1	-0,8211	-0,666	-0,7835	1	0	0
das	0	1	0,0274	0	0	1	-0,9598	-0,63	-0,842	1	0	0
NIFH	0	1	0,0339	0	0	1	-0,7763	-0,865	-0,9177	1	0	0
Neck	0	1	0,0251	0	0	1	1	-1	0	0	1	0
dtgx	0	1	0,0273	0	0	1	-0,8211	-0,666	-0,7835	1	0	0
SCzo	0,0003	1	0,0251	0	0	1	-0,6683	-0,905	-0,842	0	1	0
isRT	0,0079	1	0,0251	0	0	1	-0,6713	-0,815	-0,7835	0	1	0
PCnFa	0,0002	1	0,0251	0	0	1	-0,6683	-0,905	-0,842	0	1	0
NCAT	0,0002	1	0,0251	0	0	1	-0,6683	-0,905	-0,842	0	1	0
ECICL1	0,0019	1	0,0251	0	0	1	-0,6683	-0,905	-0,842	0	1	0
Sph	0,0106	1	0,0251	0	0	1	-0,6713	-0,815	-0,7835	0	1	0

Region	Rad <sub>Out</sub>	Rad <sub>In</sub>	Cen <sub>Out</sub>	Cen <sub>In</sub>	Hub	Aut	Knot	MC	AC	
ROb	5,4253	4,724	-60	-56	0,613	0,544	0	-20,5	0,0065	
RMg	5,4751	4,8824	-49	-21	0,787	0,7189	1	-31	0,0104	
MnR	5,4932	4,7149	-45	-58	0,604	0,6205	1	-26,75	0,0089	
LC	5,6878	4,9774	-2	20	0,822	1	1	-45,5	0,0163	
PBnMe	5,5385	4,7919	-36	-42	0,675	0,5542	1	-23,75	0,0073	
KF	5,4977	4,6471	-45	-66	0,785	0,5234	1	-24,25	0,0069	
Sp5C	5,5023	4,5747	-41	-89	0,79	0,4854	1	-26,75	0,0064	
PPTg	5,5747	4,7828	-27	-43	0,732	0,6004	1	-29	0,0077	
VLPAG	5,6968	4,7738	2	-45	1	0,6219	1	-37,25	0,0082	
PnO	5,3213	4,7195	-84	-58	0,499	0,5437	0	-16,25	0,0064	
EW	5,5204	4,8914	-40	-20	0,572	0,6099	1	-29,25	0,0098	
PNC	5,3348	4,7828	-80	-43	0,459	0,5722	1	-19,25	0,0081	
RPa	5,2896	4,7919	-88	-41	0,451	0,5586	0	-16	0,0077	
SuVe	5,4253	4,5294	-64	-100	0,443	0,3715	1	-13,25	0,0045	
Sp5O	5,5068	4,7104	-42	-49	0,603	0,4121	1	-20,25	0,0059	
SolC	5,2624	4,6063	-97	-83	0,407	0,5364	0	-14,25	0,0062	
PRT	5,4389	4,7738	-57	-45	0,509	0,4712	1	-18,5	0,0066	
Me5	5,4072	4,6833	-64	-65	0,424	0,6018	1	-18,25	0,0076	
LVe	5,3394	4,5385	-77	-97	0,386	0,414	0	-14,5	0,0045	
Sp5I	5,457	4,5158	-51	-102	0,637	0,3853	0	-17,75	0,005	
LPAG	5,4661	4,6833	-51	-60	0,683	0,4539	1	-18,25	0,005	
GiA	5,1538	4,6199	-118	-79	0,305	0,4314	0	-9,75	0,0043	
Bar	5,2489	4,5566	-100	-94	0,245	0,4283	0	-9	0,0045	
Pr	5,4027	4,6787	-63	-66	0,475	0,4585	1	-23,75	0,0062	
GiV	5,1267	4,5566	-124	-81	0,29	0,2907	0	-7	0,0031	
RVRG	5,1312	4,7647	-109	-47	0,259	0,4337	1	-20,25	0,0102	
A5	5,3213	4,6335	-84	-77	0,458	0,4435	0	-13,75	0,0045	
10	5,0452	4,6787	-143	-67	0,184	0,6938	0	-15,25	0,0091	
	SolM	5,3575	4,4932	-75	-107	0,548	0,3333	0	-17	0,0042
	SNR	5,4208	4,4796	-61	-97	0,447	0,2542	0	-15	0,0035
	LPBE	5,181	4,4344	-115	-121	0,229	0,3159	0	-7	0,0031
	SolVL	5,2398	4,4344	-102	-121	0,373	0,2789	0	-10	0,0026
	A1	5,2489	4,3077	-100	-127	0,28	0,207	0	-7,5	0,0026
	VTg	5,0452	4,6742	-142	-67	0,224	0,39	0	-9,5	0,0052
	Dk	5,1629	4,5882	-117	-87	0,299	0,3671	0	-10,25	0,0056
	DRlw	5,1855	4,4208	-112	-124	0,245	0,2269	0	-5	0,0024
	SolL	5,1991	4,4299	-111	-122	0,251	0,27	0	-7,25	0,0028
DLPAG	5,5928	4,4615	-23	-114	0,804	0,1914	0	-15,5	0,0023	
7L	4,905	4,6154	-157	-72	0,082	0,3389	0	-6,25	0,0047	
SolIM	5,1267	4,4344	-125	-121	0,362	0,2267	0	-8,25	0,0026	
RVL	4,6878	4,552	-177	-86	0,108	0,4823	0	-8,25	0,0057	
C1	5,095	4,4072	-133	-111	0,161	0,321	0	-5,25	0,0033	
PnR	5,181	4,3937	-113	-117	0,311	0,157	0	-5,25	0,0021	
Tz	4,8009	4,5204	-147	-102	0,072	0,0886	0	-8,5	0,0028	
RR	5,0226	4,3575	-137	-122	0,183	0,2417	0	-5,25	0,003	
IP	5,1267	4,5023	-125	-106	0,193	0,2414	0	-9	0,004	
InG	4,9683	4,4751	-133	-113	0,073	0,2391	0	-5,25	0,0026	
CIC	4,7466	4,5113	-153	-110	0,047	0,1001	0	-14	0,0044	
SNL	5,1765	4,4299	-115	-121	0,183	0,151	0	-4,5	0,0019	
RLi	5,0588	4,3891	-126	-131	0,192	0,1245	0	-4,5	0,0021	
SPO	4,8054	4,4434	-148	-126	0,081	0,0601	0	-9	0,0028	
AP	5,2624	4,095	-95	-132	0,436	0,1542	0	-11	0,0028	
MdV	5,0045	4,3891	-152	-114	0,194	0,1921	0	-3,75	0,0023	
SpVe	5,2805	4,1538	-84	-142	0,314	0,1093	0	-9,75	0,0016	
LSO	4,6606	4,3891	-162	-132	0,052	0,0617	0	-6	0,0021	
IOD	4,7511	4,4434	-167	-99	0,109	0,2206	0	-4,5	0,0028	
Su5	4,6244	4,5701	-173	-85	0,078	0,3374	0	-7	0,005	
MSO	4,6516	4,2896	-163	-135	0,049	0,0381	0	-5,5	0,0019	
CLi	5,0498	4,362	-142	-137	0,21	0,1062	0	-3,5	0,0012	
SubCD	5,3439	4,2036	-78	-145	0,4	0,1105	0	-5,75	0,0009	
DPGi	5,3303	4,1765	-82	-154	0,347	0,1116	0	-6	0,0009	
SolRL	5,0498	4,1629	-142	-140	0,17	0,1252	0	-4,25	0,0012	
DLL	4,819	3,914	-159	-142	0,063	0,0226	0	-5,75	0,0019	
VLL	4,7195	4	-157	-135	0,085	0,0508	0	-7,5	0,0019	
mlf	4,9231	4,4615	-169	-101	0,125	0,269	0	-3,75	0,0033	
DRC	5,181	4,2489	-113	-162	0,219	0,0731	0	-3,25	0,0007	
A2	5,0407	4,1584	-146	-161	0,165	0,0917	0	-3,25	0,0009	
DMPAG	5,2308	4,2443	-103	-142	0,353	0,1316	0	-5	0,0009	
RI	4,9638	4,2986	-136	-131	0,179	0,1359	0	-3,75	0,0016	
Pr5DM	4,7873	4,181	-160	-143	0,079	0,1254	0	-3,25	0,0014	
PPy	4,8145	4,4072	-159	-126	0,151	0,1964	0	-3,5	0,0019	
PCom	4,914	4,3575	-141	-118	0,168	0,123	0	-3,75	0,0014	
DCIC	4,4661	4,4027	-180	-128	0,025	0,0922	0	-3,25	0,0023	
DRD	5,0679	4,1991	-139	-149	0,117	0,1331	0	-1,5	0,0014	
IF	4,7466	4,3439	-171	-141	0,06	0,1579	0	-2,5	0,0023	
AmbC	4,3575	4,5113	-184	-91	0,023	0,3544	0	-5,25	0,0049	
9n	4,8643	4,0543	-141	-143	0,154	0,0368	0	-5,25	0,0014	
CGP	5,0769	4,2805	-139	-135	0,171	0,0929	0	-2	0,0014	

Region	RadOut	RadIn	CenOut	CenIn	Hub	Aut	Knot	MC	AC
RAmb	4,6968	4,276	-177	-133	0,08	0,2082	0	-3,25	0,0021
A7	5,0633	4,2715	-129	-139	0,178	0,135	0	-3,75	0,0012
PR	4,9186	4,2715	-143	-137	0,127	0,1026	0	-2,5	0,0009
C2	5,0271	4,2398	-150	-144	0,115	0,1135	0	-1,25	0,0012
LPBD	4,7647	4,2217	-165	-143	0,063	0,2141	0	-2,25	0,0019
PSol	4,9457	4,3258	-165	-145	0,11	0,1148	0	-2,25	0,0012
DMTg	4,9095	4,2896	-174	-126	0,096	0,1018	0	-1,25	0,0014
Bo	4,2172	4,5656	-203	-83	0,021	0,3675	0	-5,5	0,0054
MA3	4,9276	4,1629	-144	-161	0,107	0,0965	0	-2,5	0,0012
MPL	4,0633	4,4208	-192	-107	0,005	0,1725	0	-4	0,0032
8cn	4,7195	4,2896	-163	-153	0,077	0,0384	0	-1,5	0,0005
Soli	4,8281	4,0724	-149	-149	0,17	0,1148	0	-3,25	0,0014
SolDL	5,0181	4,0679	-152	-154	0,177	0,0985	0	-2,25	0,0009
MVePC	5,1222	3,8869	-125	-175	0,228	0,034	0	-3,25	0,0005
Gr	4,7783	4,371	-171	-137	0,066	0,1395	0	-1,75	0,0019
C3	5,0045	4,1312	-153	-168	0,143	0,0796	0	-1,25	0,0007
SolCe	5,0136	3,81	-150	-164	0,205	0,0698	0	-3	0,0012
VTAR	4,7285	4,1584	-172	-158	0,061	0,1436	0	-2	0,0012
MVeMC	4,6652	4,0317	-189	-149	0,056	0,044	0	-1,25	0,0009
OPT	5,0633	3,991	-126	-173	0,13	0,0245	0	-2,5	0,0007
PP	4,6109	4,3394	-185	-129	0,039	0,054	0	-2	0,0021
PrBo	4,4299	4,1448	-184	-131	0,073	0,196	0	-2,75	0,0028
ILL	4,1629	3,8959	-182	-143	0,015	0,0165	0	-3,25	0,0014
LPBV	4,9683	4,1448	-135	-150	0,102	0,088	0	-1,25	0,0009
PMn	4,6018	4,2262	-181	-140	0,111	0,1438	0	-1,5	0,0012
DpG	4,4977	4,2715	-187	-116	0,051	0,0345	0	-1,75	0,0009
SGe	4,8054	4,1991	-197	-143	0,071	0,0832	0	-0,5	0,0007
RMC	4,9683	3,7647	-160	-172	0,088	0,0491	0	-1	0,0007
SolDM	4,8778	3,7738	-148	-161	0,172	0,049	0	-2,25	0,0007
InWh	4,5611	4,2172	-191	-134	0,026	0,1051	0	-1,5	0,0012
DTgC	4,4842	4,1357	-188	-154	0,052	0,0578	0	-1,5	0,0009
Pa5	5,1493	3,4208	-122	-169	0,291	0,0254	0	-3,25	0,0005
PCRtA	4,2805	4,3303	-189	-126	0,038	0,1127	0	-1,25	0,0012
SNCD	4,8914	4,0995	-151	-165	0,088	0,0575	0	-0,5	0,0005
IRtA	4,3665	4,181	-197	-143	0,026	0,1374	0	-2,25	0,0026
DpWh	4,6742	4,3032	-185	-120	0,064	0,0619	0	-1,25	0,0007
ROC	4,5611	4,0995	-195	-150	0,041	0,071	0	-1	0,0009
PN	4,8733	3,9367	-182	-174	0,105	0,0311	0	-0,75	0,0007
SPTg	4,7828	4,0181	-163	-153	0,082	0,0648	0	-1,5	0,0009
CVL	4,9095	4,0543	-174	-164	0,125	0,0628	0	-0,5	0,0005
IOVL	4,5249	4,0045	-200	-162	0,02	0,0511	0	-0,75	0,0012
Pr5VL	4,4072	4,0317	-202	-167	0,022	0,0973	0	-0,5	0,0007
LPBS	4,2308	4,0814	-202	-162	0,039	0,1222	0	-0,5	0,0009
CVLMI	0	4,5385	-205	-104	0	0,2885	0	-1,75	0,0026
SuG	3,7919	3,9955	-196	-175	0,005	0,0275	0	-0,5	0,0007
InCo	4,9593	3,7964	-142	-168	0,126	0,0225	0	-1,75	0,0005
LPBC	4,2172	4,1991	-203	-126	0,021	0,0687	0	-0,5	0,0007
RfN	4,362	4,2036	-184	-148	0,023	0,1051	0	-0,5	0,0009
SubCV	4,009	4,362	-202	-114	0,025	0,1502	0	-0,75	0,0012
IOBe	4,5158	4,0226	-202	-162	0,018	0,0553	0	-0,25	0,0009
PMnR	4,7195	4,095	-177	-177	0,102	0,0246	0	-0,5	0,0002
SuS	0	4,4751	-205	-118	0	0,2568	0	-1,75	0,0026
PBP	4,5339	3,9502	-191	-171	0,058	0,0369	0	-0,75	0,0007
7DL	0	4,4796	-205	-99	0	0,2177	0	-1,5	0,0023
csc	3,8326	4,3122	-203	-148	0,005	0,0374	0	-0,25	0,0005
LTen	4,543	4,0181	-200	-171	0,024	0,0507	0	0	0,0005
DRV	4,8326	3,9729	-192	-178	0,04	0,043	0	-0,25	0,0002
bic	4,3122	3,9005	-175	-153	0,023	0,0106	0	-1,75	0,0007
SNCV	4,9005	3,6787	-153	-178	0,08	0,0192	0	-0,75	0,0002
IOK	4,5249	3,9457	-200	-165	0,02	0,0387	0	-0,25	0,0007
Op	4,552	3,7149	-196	-169	0,032	0,0049	0	-0,5	0,0007
SolV	4,3122	3,81	-187	-164	0,073	0,0559	0	-1	0,0007
Pa6	4,7783	3,8778	-164	-178	0,07	0,0205	0	-0,5	0,0002
LPBCr	4,7692	3,9864	-165	-178	0,063	0,0315	0	0	0,0002
PBG	4,6199	3,7557	-183	-171	0,036	0,0348	0	-0,5	0,0005
II	4,4887	4,0407	-203	-157	0,022	0,0587	0	-0,5	0,0007
Y	4,371	4,2217	-203	-169	0,005	0,0371	0	0	0,0007
AmbL	0	4,2534	-205	-136	0	0,1784	0	-1,5	0,0023
PnV	0	4,2941	-205	-135	0	0,131	0	-0,25	0,0012
P7	4,2217	3,9638	-202	-178	0,039	0,0111	0	-0,25	0,0002
LrtPC	4,7738	3,9321	-171	-171	0,072	0,0248	0	-0,5	0,0005
7DI	0	4,4525	-205	-98	0	0,1266	0	-1,75	0,0026
MiTg	4,2172	4,2896	-203	-122	0,021	0,048	0	-0,5	0,0007
DCFu	3,8371	4,0814	-203	-138	0,005	0,0723	0	-0,25	0,0009
Sag	3,8326	3,733	-203	-173	0,005	0,0031	0	-0,25	0,0005
LPBI	0	4,2986	-205	-137	0	0,1776	0	-1,5	0,0023
SolG	4,8552	3,8824	-188	-177	0,093	0,0079	0	-0,5	0,0002
P5	3,7285	4,1086	-201	-150	0,025	0,0442	0	0	0,0005

Region	RadOut	RadIn	CenOut	CenIn	Hub	Aut	Knot	MC	AC
RIP	4,7964	4,095	-199	-177	0,055	0,0246	0	0,25	0,0002
MVPO	3,991	3,7104	-187	-178	0,01	0,002	0	-0,5	0,0002
Ro	4,3529	4,0452	-202	-163	0,026	0,0783	0	0	0,0007
cic	3,9231	3,6425	-195	-177	0,01	0,0035	0	-0,5	0,0002
BIC	3,1629	4,009	-202	-173	0,008	0,0776	0	0,25	0,0005
PDTg	4,7783	3,9457	-203	-172	0,049	0,0241	0	0,25	0,0005
Acs7	0	4,3122	-205	-134	0	0,1057	0	0	0,0009
sp5	4,5973	3,4434	-203	-170	0,02	0,026	0	0,25	0,0005
LVPO	3,9005	3,7149	-201	-178	0,005	0,002	0	0,25	0,0002
IS	3,9593	4,0588	-202	-164	0,002	0,0628	0	0,25	0,0005
B9	5,0588	0	-146	-180	0,212	0	0	-0,75	0
g7	4,7873	3,724	-201	-178	0,051	0,0031	0	0,25	0,0002
7VM	0	4,0905	-205	-150	0	0,0874	0	0,25	0,0007
fr	4,2217	3,9819	-202	-178	0,012	0,043	0	0,5	0,0002
EVe	0	4	-205	-144	0	0,0536	0	-0,25	0,0012
LRtS5	4,3303	3,6154	-193	-178	0,028	0,0065	0	0,25	0,0002
DPO	3,8371	3,1176	-203	-178	0,005	0,0027	0	0,5	0,0002
sol	0	4,0226	-205	-151	0	0,0485	0	0,25	0,0007
Mx	4,7376	3,362	-171	-178	0,05	0,0135	0	0	0,0002
ECu	5,0588	0	-152	-180	0,181	0	0	-1,25	0
SubCA	0	4,0226	-205	-173	0	0,0776	0	0,5	0,0005
m5	0	3,991	-205	-168	0	0,0216	0	0,5	0,0005
DCDp	0	3,8552	-205	-166	0	0,0614	0	0,5	0,0005
10n	0	3,9367	-205	-176	0	0,0079	0	0,5	0,0005
CnFD	4,5747	0	-191	-180	0,072	0	0	0,25	0
xscp	0	3,7828	-205	-174	0	0,0357	0	0,5	0,0005
SubP	4,6697	0	-173	-180	0,123	0	0	-0,75	0
S5	4,7149	0	-182	-180	0,039	0	0	0,5	0
LPBGiA	4,6697	0	-191	-180	0,037	0	0	0,5	0
Com	0	4,0588	-205	-168	0	0,0357	0	0,5	0,0005
IOB	0	4,1176	-205	-177	0	0,0246	0	0,75	0,0002
IOA	0	4,1176	-205	-177	0	0,0246	0	0,75	0,0002
IOC	0	4,1176	-205	-177	0	0,0246	0	0,75	0,0002
3PC	0	4,1176	-205	-177	0	0,0246	0	0,75	0,0002
ATg	0	4,1176	-205	-177	0	0,0246	0	0,75	0,0002
CGA	0	4,1176	-205	-177	0	0,0246	0	0,75	0,0002
Pa4	0	3,7421	-205	-171	0	0,0342	0	0,5	0,0005
PaR	0	4,1176	-205	-177	0	0,0246	0	0,75	0,0002
7DM	0	3,8733	-205	-177	0	0,0338	0	0,75	0,0002
7VI	0	3,9367	-205	-178	0	0,0259	0	0,75	0,0002
cII	0	4,009	-205	-178	0	0,0315	0	0,75	0,0002
Li	0	3,9412	-205	-178	0	0,026	0	0,75	0,0002
PCGS	0	3,8009	-205	-178	0	0,034	0	0,75	0,0002
MdDe	0	3,7647	-205	-178	0	0,0166	0	0,75	0,0002
PnOr	0	3,9367	-205	-178	0	0,0259	0	0,75	0,0002
In	0	4,0181	-205	-177	0	0,029	0	0,75	0,0002
me5	0	3,9095	-205	-178	0	0,0183	0	0,75	0,0002
X	0	3,8009	-205	-178	0	0,034	0	0,75	0,0002
DCNsL	0	3,4072	-205	-178	0	0,0034	0	0,75	0,0002
ECICL2	0	3,7376	-205	-178	0	0,002	0	0,75	0,0002
CuMED	3,9864	0	-198	-180	0,028	0	0	0,5	0
DTgP	0	3,7195	-205	-178	0	0,0236	0	0,75	0,0002
VeCb	4,6335	0	-202	-180	0,03	0	0	0,75	0
DRpm	4,8009	0	-203	-180	0,049	0	0	0,75	0
VCA	4,448	0	-203	-180	0,028	0	0	0,75	0
O	0	3,4751	-205	-178	0	0,0094	0	0,75	0,0002
das	0	0,0317	-205	-178	0	0,0078	0	0,75	0,0002
NIFH	0	3,6335	-205	-178	0	0,0065	0	0,75	0,0002
Neck	0,0317	0	-203	-180	4E-04	0	0	0,75	0
dtgx	0	3,4299	-205	-178	0	0,0172	0	0,75	0,0002
SCzo	2,905	0	-202	-180	0,001	0	0	0,75	0
isRT	4,181	0	-203	-180	0,007	0	0	0,75	0
PCnFa	3,1765	0	-202	-180	0,008	0	0	0,75	0
NCAT	3,1765	0	-202	-180	0,008	0	0	0,75	0
ECICL1	3,724	0	-202	-180	0,003	0	0	0,75	0
Sph	4,2398	0	-202	-180	0,012	0	0	0,75	0

**Tabelle 18:** Beteiligung von Regionen des unilateralen BS-Konnektoms an der Bildung von Motiven.. Es wurde aufsteigend nach dem mittleren Rang sortiert.

Region	Rang MW	3- 01	3- 02	3- 03	3- 04	3- 05	3-06	3- 07	3- 08	3- 09	3- 10	3- 11	3- 12	3- 13	syC	syI	syO	r4ca	r5ca
RMg	7,3	226	463	261	426	97	457	19	81	144	90	67	161	50	586	753	754	365	523
EW	8,2	306	580	274	564	51	436	16	49	141	61	48	111	37	1269	941	718	329	323
Sp5C	10,6	531	409	170	539	84	285	8	90	105	46	44	105	28	1168	1258	707	243	308
LC	11,1	217	686	681	719	71	1103	16	44	319	138	148	250	96	1218	125	592	434	296
MnR	11,5	194	362	187	408	72	365	17	38	146	62	60	105	45	949	420	1128	410	471
KF	11,9	506	525	225	387	196	230	13	85	67	72	59	101	11	587	808	412	181	266
VLPAG	12,5	544	307	105	907	66	320	9	137	235	86	27	173	76	1237	622	439	396	453
PRT	14,6	231	376	193	245	95	229	20	40	100	42	30	74	15	854	405	561	337	653
PPTg	14,8	358	356	115	583	57	310	10	61	145	73	49	115	60	972	343	482	283	208
PBnMe	15	314	439	191	418	94	320	10	46	119	57	48	93	30	549	315	376	289	317
Sp5O	15,4	247	365	179	358	64	279	12	46	80	35	36	80	14	814	639	587	230	320
Sp5I	15,6	444	491	218	249	131	170	23	56	45	58	31	61	8	789	600	521	109	119
Me5	16,3	300	510	251	301	94	203	18	41	62	47	39	75	11	637	545	416	111	129
RVRG	18	125	309	402	185	70	419	10	17	99	29	47	35	5	3537	1055	1527	333	638
PNC	18,8	186	314	254	255	73	294	7	49	85	47	35	67	30	649	672	263	132	133
LPAG	19,4	345	367	199	299	109	184	17	62	45	59	36	68	22	681	507	344	78	48
ROb	19,9	166	264	139	298	56	276	11	52	94	53	34	94	35	608	423	370	236	368
RPa	20,1	227	427	246	166	122	227	28	48	44	40	50	54	14	575	313	405	98	102
SolM	21,7	246	245	131	262	90	155	6	59	67	38	31	48	17	506	631	503	130	119
PnO	23,6	238	347	207	207	94	187	10	50	66	43	47	56	25	389	398	298	72	81
A5	24,9	222	269	150	213	66	144	18	53	53	31	19	52	13	649	486	391	84	84
LVe	25,5	219	272	108	229	58	132	18	45	50	24	23	53	12	914	538	429	104	90
SNR	26,1	195	218	135	246	28	167	2	18	73	25	23	38	13	1131	731	676	226	352
Pr	26,7	169	152	60	371	25	216	0	38	163	32	26	78	33	1206	1248	1135	404	620
SolC	28,5	193	246	173	210	86	164	6	42	64	38	34	56	15	375	484	255	86	55
10	30,3	337	410	352	174	167	157	1	65	23	33	29	39	4	692	442	612	39	35
AP	31	213	262	188	105	72	142	11	30	10	16	23	15	2	785	785	686	59	105
SuVe	33,4	205	343	161	183	61	148	22	32	43	40	27	49	13	491	308	326	36	12
DLPAG	33,5	630	450	208	161	171	153	8	34	25	37	62	59	7	286	140	1068	20	3
SolVL	35,6	139	195	136	180	59	98	10	33	35	25	15	21	9	616	441	311	69	74
VTg	36,7	161	208	125	133	51	125	11	26	31	18	13	33	8	659	658	434	46	33
SpVe	38	207	189	164	114	29	116	2	25	23	8	14	15	6	615	779	453	65	115
Dk	38,4	188	252	237	110	61	124	10	22	38	15	29	31	5	341	252	198	47	47
GiA	38,7	187	248	98	162	71	98	8	30	41	16	22	32	8	515	279	196	66	50
RVL	40,2	248	150	131	121	75	107	3	29	23	14	20	17	3	302	284	333	75	103
SolL	41,8	144	181	110	134	29	89	6	11	48	13	6	21	1	594	469	293	96	111
Bar	43,2	148	136	72	162	36	110	2	15	84	10	20	27	13	405	195	260	93	131
A1	43,4	84	190	108	137	28	124	6	7	36	18	11	24	1	769	408	353	61	76
GiV	44,3	143	176	119	105	38	130	7	11	23	24	16	19	5	467	285	259	51	59
IP	44,6	103	129	81	116	10	148	3	6	56	15	11	14	7	1030	207	840	130	113
SolIM	46,3	164	202	164	102	74	96	4	20	38	20	13	15	1	183	128	191	73	59
LPBE	50,1	116	170	98	176	33	89	12	20	32	7	6	24	3	345	362	252	40	31
7L	56,4	162	150	97	159	29	65	0	10	32	7	4	14	1	211	693	108	90	53
DRlw	56,6	113	197	98	101	30	99	9	5	30	13	8	17	1	316	261	109	30	35
CI	56,6	181	224	103	120	35	60	6	19	23	22	5	11	1	405	210	21	23	33
DPGi	58,1	84	145	172	95	25	97	2	4	41	2	11	22	2	269	206	238	37	48
InG	58,3	150	140	44	116	17	42	2	10	21	10	3	4	0	408	265	326	94	211
PnR	59,4	74	206	154	52	24	104	1	8	24	14	21	13	1	200	74	215	55	47
Su5	60,9	207	244	143	123	45	37	0	24	3	3	11	6	0	313	514	247	20	28
DMPAG	61	108	150	157	60	38	114	0	10	27	5	10	16	1	157	110	217	44	44
RR	61,1	122	180	91	91	44	56	6	13	16	9	9	11	1	255	174	53	43	30
SubCD	61,5	183	243	187	43	48	110	7	3	4	13	42	7	0	139	52	337	11	5
CIC	62,8	24	70	13	96	0	91	0	2	61	5	9	16	15	1223	556	1027	174	568
Tz	64,3	52	97	54	85	2	54	4	9	12	8	8	7	13	632	670	364	16	45
Bo	65,4	223	150	178	74	62	46	1	28	7	9	13	5	0	234	123	111	3	0
A7	66,1	122	143	100	73	17	71	1	3	16	5	4	5	0	686	85	445	32	41
AmbC	67,2	241	129	104	76	58	25	6	30	10	2	12	2	0	268	71	175	20	42
9n	67,3	30	149	44	39	14	68	6	4	10	11	2	6	0	520	367	326	81	100
SPO	68,1	24	73	52	58	3	68	0	11	18	5	7	8	13	862	592	570	25	57
RLi	68,3	68	212	91	65	34	76	12	3	14	10	9	4	0	150	88	121	35	35
IOD	69,5	115	91	35	100	9	69	0	12	21	5	6	8	1	268	156	163	91	36
PCom	69,6	36	57	53	68	6	72	0	5	36	5	4	10	1	269	166	259	166	122
SolRL	70,2	33	50	70	88	3	78	0	6	24	3	2	12	1	341	377	300	107	125
SNL	70,7	55	89	56	83	5	96	2	1	67	7	2	7	3	224	52	311	84	57
MdV	71,3	115	159	122	64	38	80	4	10	8	12	3	3	0	148	19	154	29	5
RI	71,8	66	109	87	60	12	64	4	2	30	8	2	11	0	76	133	116	68	99
A2	75	33	156	50	44	7	80	2	4	18	4	6	8	0	214	115	196	42	57
CLi	75,6	27	91	68	56	2	124	1	1	40	5	6	9	3	256	163	290	62	23
mlf	75,8	169	211	121	81	32	38	2	28	0	17	3	0	0	67	103	15	0	0
PPy	76,3	146	208	99	74	35	33	8	14	0	9	4	0	0	243	36	9	0	0

RAmb	76,3	134	67	40	80	13	41	0	8	11	1	8	5	0	309	184	230	36	63
MVePC	77,2	14	98	127	31	12	69	0	7	13	0	10	8	1	272	356	164	35	91
DRC	78,3	37	132	84	33	8	116	1	1	30	7	8	6	1	212	40	253	34	30
LPBD	80,8	161	90	29	82	9	30	4	6	13	1	2	3	0	147	168	47	39	77
PR	81,6	42	69	38	67	1	59	0	5	31	3	3	4	1	178	166	131	70	68
LSO	81,9	27	69	29	53	4	35	0	8	10	3	6	5	10	418	449	300	11	43
IF	82,1	80	115	39	70	14	29	1	4	16	3	6	2	0	122	44	99	50	47
VLL	82,4	45	19	50	39	5	44	0	9	9	1	0	6	15	447	1394	655	11	43
Pr5DM	82,4	31	33	16	89	2	34	0	3	26	2	2	6	2	390	338	197	108	154
SolCe	82,8	58	89	145	16	29	58	3	4	2	6	4	1	0	52	149	172	11	47
PrBo	84,7	149	107	126	41	50	43	1	8	0	7	2	0	0	53	24	111	0	0
SolDL	85,2	98	173	111	29	27	59	5	3	0	4	9	0	0	94	6	56	0	0
MA3	85,5	46	43	39	48	5	50	0	2	31	0	3	4	1	190	156	132	85	88
DRD	86,4	98	153	71	57	9	63	5	5	0	7	4	0	0	57	45	0	0	0
SolDM	86,7	35	85	124	25	14	49	0	5	2	4	4	2	0	210	274	133	3	32
MPL	87,1	135	61	47	58	14	30	0	5	8	1	0	0	0	373	121	599	11	5
DLL	87,3	13	48	30	28	3	37	0	4	8	5	1	7	10	594	757	348	11	44
Soli	87,6	117	135	134	30	49	29	3	4	0	5	4	0	0	84	2	32	0	0
CGP	90,2	64	160	95	27	10	79	4	1	0	9	13	0	0	43	5	0	0	0
MSO	90,8	23	45	26	29	1	36	1	7	11	2	3	8	8	339	305	243	10	37
Gr	91,1	106	152	68	60	12	30	3	3	0	4	0	0	0	227	8	57	0	0
DCIC	91,7	73	87	33	40	11	8	1	11	4	8	2	8	0	90	40	88	10	44
C2	92	71	158	64	38	8	65	3	4	0	11	3	0	0	1	0	0	0	0
OPT	93	19	104	63	14	6	56	2	3	7	2	7	3	0	115	53	125	55	31
Pa5	93,1	70	214	149	4	41	82	0	0	0	4	23	0	0	33	0	29	0	0
C3	93,5	44	132	98	34	9	56	2	3	0	5	5	0	0	25	0	33	0	0
DMTg	94,1	59	130	83	42	5	44	4	4	0	7	3	0	0	1	17	0	0	0
PSol	94,2	79	106	51	47	4	59	2	1	29	0	1	4	0	67	2	40	28	12
PCRtA	94,9	91	52	30	67	2	30	1	3	1	0	3	0	0	325	229	166	2	16
PMn	95,3	125	96	94	52	16	24	0	3	0	5	1	0	0	104	27	2	0	0
DpWh	95,7	44	38	35	34	1	47	1	2	12	1	0	0	0	397	77	168	38	90
CVLMI	96,7	202	166	14	130	22	0	0	19	0	0	0	0	0	0	251	0	0	0
LPBV	96,9	68	145	58	38	8	50	2	1	0	2	3	0	0	24	0	95	0	0
SuS	98,4	184	143	21	106	19	0	0	15	0	0	0	0	0	0	177	0	0	0
InCo	98,9	44	90	85	9	6	58	0	0	0	2	8	0	0	163	7	397	0	0
DpG	99,2	27	33	38	20	2	36	0	2	12	0	0	0	0	563	116	205	40	102
7DL	99,6	168	92	21	84	14	0	0	10	0	0	0	0	0	0	461	0	0	0
InWh	99,9	73	47	17	61	2	10	0	1	8	1	0	1	0	201	159	120	38	70
SPTg	100,3	39	45	48	26	4	27	0	1	18	1	1	1	0	67	98	98	39	71
RMC	100,7	35	59	47	23	2	47	1	1	4	1	1	4	0	163	137	62	22	36
VTAR	100,9	128	97	41	54	15	11	2	3	0	4	0	0	0	1	0	2	0	0
8cn	102,3	19	79	44	39	5	29	1	1	5	2	2	1	0	124	131	85	6	10
MVeMC	103,8	38	41	37	21	3	34	0	3	1	2	1	0	0	211	36	355	7	4
7DI	104,6	100	98	45	62	8	0	0	2	0	0	0	0	0	0	382	0	0	0
ROC	104,7	47	32	16	32	3	19	0	3	10	1	2	0	0	97	51	85	69	31
PP	104,8	39	115	59	34	7	16	3	1	0	0	0	0	0	111	65	3	0	0
IRtA	104,9	112	112	50	29	17	5	0	6	0	2	0	0	0	10	0	0	0	0
DTgC	105,1	28	48	32	40	5	16	0	1	3	3	0	2	0	128	41	127	36	32
SGe	105,4	54	58	52	53	4	35	1	2	0	3	1	0	0	22	0	0	0	0
SNCD	105,6	38	93	60	34	5	30	0	1	0	4	3	0	0	7	0	0	0	0
LPBC	105,6	54	18	0	30	0	30	0	1	12	0	1	0	0	450	44	195	37	95
CVL	106,5	50	79	82	25	7	48	0	0	0	3	3	0	0	2	0	0	0	0
AmbL	107,4	139	97	12	47	23	0	0	10	0	0	0	0	0	0	27	0	0	0
SNCV	107,8	1	54	35	20	0	37	0	0	7	0	2	2	0	182	132	98	39	73
ILL	108,1	8	18	4	10	3	11	1	6	5	3	0	11	3	172	237	155	10	44
LPBI	108,1	149	58	29	64	13	0	0	3	0	0	0	0	0	0	84	0	0	0
SubCV	108,2	132	66	25	67	8	3	0	2	0	0	0	0	0	5	137	0	0	0
RFN	109,2	84	68	33	48	3	13	0	1	0	3	0	0	0	113	0	0	0	0
LRtPC	109,8	31	113	76	8	3	61	3	0	0	1	2	0	0	3	0	0	0	0
MiTg	110,6	32	13	1	26	0	32	0	0	12	0	0	0	0	416	51	161	40	96
LPBS	110,7	108	34	49	39	4	12	0	3	0	0	1	0	0	57	0	0	0	0
B9	111,1	2	89	134	0	8	81	0	0	0	0	11	0	0	0	0	8	0	0
PN	111,3	22	76	81	16	5	42	0	0	0	3	4	0	0	0	0	4	0	0
ECu	112,2	27	69	127	0	3	67	0	0	0	0	6	0	0	0	0	17	0	0
PMnR	112,7	24	69	63	19	4	31	2	0	0	0	4	0	0	8	0	0	0	0
bic	112,8	8	10	4	9	0	16	0	1	15	0	1	0	0	190	124	264	41	138
Pa6	113,4	0	32	40	13	0	25	0	0	17	0	1	2	0	67	96	85	46	81
Pr5VL	114	73	11	0	46	0	10	0	1	6	0	1	1	0	100	116	51	35	35
SolV	114	60	33	80	18	12	11	0	1	0	0	2	0	0	0	19	0	0	0
DCFu	115	73	33	10	29	0	12	0	1	0	1	0	0	0	231	126	0	0	0
II	115,2	34	17	1	29	0	7	0	0	18	0	0	1	0	66	102	96	46	75
PnV	115,4	92	60	0	64	5	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P7	115,6	0	1	21	5	0	30	0	0	11	0	0	1	0	488	55	188	42	110



LPBCr	116,1	24	90	31	20	1	33	2	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0
SoIG	116,4	12	74	80	6	4	39	1	0	0	0	2	0	0	0	0	66	0
Acs7	116,8	91	75	2	52	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	46	0	0
PBP	117,9	26	66	41	19	10	12	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
DRV	119,2	0	41	4	35	0	10	0	0	26	0	0	1	0	83	31	13	43
IOVL	119,5	30	56	18	21	1	6	2	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0
SubP	120,3	7	35	117	0	11	25	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
LTaN	120,8	41	43	16	28	1	9	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
PBG	120,9	44	37	27	5	3	16	3	0	0	0	1	0	0	5	0	7	0
IOBe	121,2	52	40	14	26	0	4	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0
csc	121,7	15	38	0	36	0	5	0	0	12	0	1	0	0	68	0	75	13
Ro	121,9	70	33	19	28	1	6	0	0	0	2	0	0	0	0	10	0	0
RIP	122	23	43	41	18	0	35	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
7VM	123,5	80	34	0	34	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P5	123,6	36	41	25	19	2	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
IOK	124,1	38	31	15	22	0	5	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Mx	124,2	22	63	23	5	1	28	0	0	0	0	1	0	0	36	0	33	0
EVe	124,4	56	29	7	20	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	65	0	0
BIC	125,2	72	11	9	31	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IS	125,7	53	43	2	28	1	3	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0
sol	126	48	44	1	24	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PDTg	126,4	20	41	38	8	0	33	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Y	126,5	18	65	4	34	0	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SuG	127,3	24	24	11	10	2	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CnFD	127,7	0	34	56	0	1	21	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
SubCA	127,9	74	11	0	31	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Op	128,2	6	30	31	3	6	11	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DCDp	128,4	61	23	0	23	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MVPO	128,6	0	7	5	2	0	15	0	0	10	0	1	2	0	80	0	76	11
g7	129,2	5	21	41	7	0	34	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sp5	129,2	34	25	11	4	1	12	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
fr	129,6	33	11	9	28	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
cic	129,9	0	9	7	4	0	12	0	0	5	0	1	2	0	97	66	30	5
Sag	131,2	3	9	0	2	0	6	0	0	11	0	0	1	0	80	0	76	13
S5	131,2	0	50	22	0	1	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LRtS5	132,4	8	16	34	0	2	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
xscp	132,6	31	22	0	14	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DRpm	132,6	0	17	37	0	0	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LPBGiA	132,6	0	41	15	0	1	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m5	133,3	21	42	0	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Com	133,3	31	19	1	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0
LVPO	133,8	1	13	5	11	0	9	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0
CGA	134,3	22	22	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3PC	134,3	22	22	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PaR	134,3	22	22	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ATg	134,3	22	22	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IOA	134,3	22	22	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IOB	134,3	22	22	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IOC	134,3	22	22	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VeCb	134,5	0	23	21	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
cII	134,7	24	11	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7DM	134,9	32	16	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PCGS	135,2	32	10	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X	135,2	32	10	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pa4	135,6	32	6	1	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
Li	135,9	16	18	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
In	136,2	22	16	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VCA	136,4	0	11	21	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
me5	136,8	17	23	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DPO	136,8	3	5	5	4	0	12	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
10n	136,9	8	32	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PnOr	137,2	20	12	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7VI	137,2	20	12	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DTgP	137,6	23	8	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CuMED	138,6	1	2	27	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
MdDc	138,7	15	10	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sph	139,6	0	5	10	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ECICL2	139,7	1	6	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
dtgx	140,4	19	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PCnFa	140,6	0	0	11	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NCAT	140,6	0	0	11	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NIFH	140,6	9	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ECICL1	140,9	0	3	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

isRT	141	0	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
O	141,4	7	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DCNsL	141,4	1	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SCzo	141,5	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
das	141,5	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Neck	142,1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Tabelle 19:** Häufigkeiten von zyklischen Verbindungen des unilateralen BS-Konnektoms. Beispielsweise verlaufen 596 zyklische Verbindungen mit 3 Kanten und 2 weiteren Zwischenknoten zum Locus coeruleus zurück.

Region	1	2	3	4	5	6	7
Locus coeruleus	1	34	596	10070	164254	2594068	39664256
Ventrolateral periaqueductal gray	1	28	420	7400	123029	1982944	30899068
Raphe magnus nucleus	1	22	370	6497	109823	1784793	28020219
Pedunculopontine tegmental nucleus	1	21	318	5229	87606	1429662	22658421
Median raphe nucleus	1	19	274	4712	79049	1296528	20608869
Edinger Westphal nucleus	0	19	262	4447	75324	1241352	19828657
Raphe obscurus nucleus	1	15	228	4043	69459	1151119	18413645
Parabrachial nucleus medial	0	15	220	3947	67045	1110696	17803388
Spinal trigeminal nucleus caudal part	1	17	215	3843	64437	1066224	17108083
Koelliker Fuse nucleus	0	13	208	3601	61294	1019945	16499127
Lateral periaqueductal gray	1	10	188	3265	56213	939478	15154007
Raphe pallidus nucleus	1	8	150	2933	51574	867094	14047064
Mesencephalic trigeminal nucleus	1	9	162	2975	51430	862875	13964638
Pontine reticular nucleus caudal part	1	12	181	3121	52541	864146	13811167
Spinal trigeminal nucleus oral part	1	13	155	2777	48368	815410	13276895
Pontine reticular nucleus oral part	0	9	159	2872	49048	812839	13028678
Pretectal region	1	11	166	2877	48494	801083	12833429
Spinal trigeminal nucleus interpolar part	1	8	158	2623	44949	749982	12134700
Prepositus nucleus	1	20	176	2626	43370	717587	11603269
Superior vestibular nucleus	0	7	137	2245	38203	638902	10357651
A5 noradrenaline cells	0	8	127	2210	37810	630149	10176290
Nucleus of the solitary tract commissural part	0	8	130	2176	36748	608794	9822574
Dorsolateral periaqueductal gray	1	5	118	2094	35909	597835	9610922
Lateral vestibular nucleus	1	9	119	1983	34212	578530	9469690
Rostral ventral respiratory group	1	13	84	1730	30726	527338	8746958
Nucleus of the solitary tract medial part	1	10	126	1910	31242	513851	8340715
Gigantocellular reticular nucleus alpha part	1	5	72	1350	23753	400375	6499987
Substantia nigra reticular part	1	10	91	1399	23718	395264	6426984
Dorsal motor nucleus of vagus	0	6	81	1313	22283	373351	6127528
Ventral tegmental nucleus	1	5	78	1247	20688	342365	5532310
Barringtons nucleus	0	6	65	1197	20377	339065	5453924
Nucleus of the solitary tract ventrolateral part	0	6	74	1202	19798	326097	5266392
Nucleus of Darkschewitsch	0	4	66	1103	18760	312226	5067902
Gigantocellular reticular nucleus ventral part	1	4	60	1000	17355	293660	4786711
Lateral parabrachial nucleus external part	0	4	49	900	15401	259532	4245413
A1 noradrenergic cells	0	5	50	862	14491	246152	4062786
Rostroventrolateral reticular nucleus	0	4	40	793	13551	225717	3652709
Area postrema	1	5	46	750	12673	215835	3613701
Dorsal raphe nucleus lateral wing	0	2	41	742	12896	218197	3577124
C1 adrenaline cells	1	2	41	746	12823	216035	3522668
Nucleus of the solitary tract intermediate part	0	3	41	724	12608	213442	3496452
Nucleus of the solitary tract lateral part	0	4	42	677	11382	190614	3086797
Interpeduncular nucleus	0	6	46	671	10904	177809	2839412
Retrorubral nucleus	0	2	28	535	9462	161540	2664412
Pontine raphe nucleus	0	2	30	558	9580	161313	2633872
Subcoeruleus nucleus dorsal part	0	1	27	508	8806	147765	2413240
Rostral linear nucleus of the raphe	0	1	26	473	8254	140956	2323961
Facial nucleus lateral subnucleus	0	3	23	436	7744	132810	2209519
Dorsal paragigantocellular nucleus	0	3	30	476	8069	134086	2175493
Spinal vestibular nucleus	1	5	37	432	7209	124897	2103753
Medial longitudinal fasciculus	1	0	19	385	7093	119766	1948388
Dorsomedial periaqueductal gray	1	2	23	369	6793	114471	1861925
Medullary reticular nucleus ventral part	0	1	19	362	6278	106750	1759059
Caudal linear nucleus of the raphe	0	3	21	385	6273	103515	1656444
A2 noradrenergic cells	0	2	14	302	5354	90842	1501534
Substantia nigra lateral part	1	3	22	352	5801	94490	1499262
Inferior olive dorsal nucleus	1	3	15	301	5258	90530	1494018

Parapyramidal nucleus	1	0	17	307	5321	90212	1487165
Rostral interstitial nucleus of medial longitudinal fasciculus	0	2	23	308	5288	87977	1443467
C2 adrenaline cells	0	0	14	261	4608	75694	1213283
Dorsal raphe nucleus dorsal part	0	0	12	260	4377	74038	1202533
A7 noradrenaline cells	0	1	11	247	4280	72571	1190708
Dorsal raphe nucleus caudal part	0	2	16	258	4521	74417	1188427
Intermediate gray layer of the superior colliculus	0	3	16	249	4122	69287	1139721
Boetzing complex	0	1	15	248	4237	70305	1130973
Nucleus of the posterior commissure	0	3	17	255	4061	66703	1085077
Glossopharyngeal nerve	0	3	23	272	3707	59285	990045
Central gray pons part	0	0	13	213	3663	59894	960489
Nucleus of the solitary tract dorsolateral part	0	0	9	206	3429	57667	950232
Prerubral field	0	2	9	197	3285	54751	891780
Nucleus of the solitary tract rostralateral part	0	4	17	201	3140	52809	866970
Lateral parabrachial nucleus dorsal part	0	1	8	170	2831	48601	809180
C3 adrenaline cells	0	0	7	160	2952	49337	799765
Parasolitary nucleus	0	1	6	160	2775	46469	753360
Supratrigeminal nucleus	1	2	9	126	2484	44238	753241
Gracile nucleus principal part	0	0	7	145	2606	44433	734013
Interfascicular nucleus	0	1	6	126	2447	42648	707225
Dorsomedial tegmental area	0	0	11	167	2684	43434	694383
Lateral parabrachial nucleus ventral part	0	0	4	144	2333	40093	664473
Retroambiguus nucleus	0	2	6	122	2201	37916	629394
Pre Boetzing complex	0	0	8	137	2227	36784	597556
Nucleus of the solitary tract interstitial part	0	0	8	134	2039	34290	572275
Ambiguus nucleus compact part	0	1	10	137	1913	30635	506166
Principal sensory trigeminal nucleus dorsomedial part	0	3	12	102	1704	29602	496160
Medial accessory oculomotor nucleus	0	2	6	100	1745	28527	466516
Nucleus of the trapezoid body	1	7	45	277	2340	29653	454538
Ventral tegmental area rostral part	0	0	6	76	1541	26031	436053
Nucleus of the solitary tract central part	0	1	10	102	1446	24154	400596
Paramedian reticular nucleus	0	0	5	76	1407	23867	397500
Lateral reticular nucleus parvicellular part	0	0	4	75	1251	21663	357940
Central nucleus of the inferior colliculus	1	13	51	289	2086	23712	354337
Medial vestibular nucleus parvicellular part	1	2	10	96	1258	20633	343624
Substantia nigra compact part dorsal tier	0	0	4	68	1216	20464	335803
Superior paraolivary nucleus	0	8	39	241	1865	21937	329487
Caudovernal reticular nucleus	0	0	3	72	1130	18663	303094
Supragenual nucleus	0	0	4	70	1127	18024	280464
Peripeduncular nucleus	0	0	3	58	953	16545	279722
Intermediate reticular nucleus alpha part	0	0	2	58	917	15821	269277
Paratrigeminal nucleus	0	0	4	64	989	15768	262724
Cochlear root of the vestibulocochlear nerve	0	1	4	62	1028	16407	260650
Nucleus of the solitary tract dorsomedial part	0	1	6	58	942	15186	253025
Paranigral nucleus	0	0	3	58	912	14927	240709
Red nucleus magnocellular part	0	1	6	53	850	14547	240448
Olivary pretectal nucleus	1	1	7	53	848	14044	231725
Deep white layer of the superior colliculus	0	1	2	39	759	13301	227338
Dorsal tegmental nucleus central part	0	1	5	49	786	12857	212495
Lateral superior olive	0	5	28	170	1288	14489	212165
Paramedian raphe nucleus	0	0	2	35	654	11660	193399
Subpeduncular tegmental nucleus	0	1	2	37	691	11588	192944
Lateral parabrachial nucleus crescent part	0	0	3	38	642	11034	185232
Parabrachial pigmented nucleus	0	0	1	34	649	10902	181517
Intermediate white layer of the superior colliculus	0	1	2	39	626	10606	178795
Nucleus of the solitary tract gelatinous part	0	0	1	32	596	10173	168340
Red nucleus parvicellular part	0	1	1	32	569	9500	160283
Retrofacial nucleus	0	0	3	33	523	8906	150749
Medial superior olive	1	5	27	159	1046	10041	140090
Intercollicular nucleus	0	0	2	32	516	8289	134567
Parvicellular reticular nucleus alpha part	0	1	1	23	413	7654	131800

Ventral nucleus of the lateral lemniscus	0	7	37	192	1092	9575	130188
Dorsal nucleus of the lateral lemniscus	0	5	32	174	1031	9120	125593
Medial vestibular nucleus magnocellular part	0	1	2	27	401	6790	113173
Lateral terminal nucleus of the accessory optic tract	0	0	1	24	390	6380	104341
Dorsal cortex of the inferior colliculus	1	1	17	105	731	7243	99897
Deep gray layer of the superior colliculus	0	1	0	13	320	5633	98645
Inferior olive ventrolateral protrusion	0	0	3	30	385	5940	98374
Raphe interpositus nucleus	0	0	2	21	367	5919	92021
Inferior olive beta subnucleus	0	0	3	26	324	5357	90887
Lateral parabrachial nucleus superior part	0	0	0	17	307	5291	88078
Dorsal raphe nucleus ventral part	0	1	1	19	317	5373	87857
Posterodorsal tegmental nucleus	0	0	1	19	328	5121	80514
Substantia nigra compact part ventral tier	0	1	2	17	245	4299	72510
Nucleus Y	0	0	2	17	258	4127	67461
Paraabducens nucleus	0	1	2	16	234	3969	65313
Nucleus of Roller	0	0	2	12	218	3571	60018
Principal sensory trigeminal nucleus ventrolateral part	0	1	1	13	217	3558	58203
Intermediate interstitial nc. medial longitudinal fasciculus	0	1	1	15	216	3473	57824
Inferior olive cap of Kooy of the medial nucleus	0	0	3	20	207	3364	57089
Medial paralemnisal nucleus	0	2	1	16	213	3324	55251
Nucleus of the solitary tract ventral part	0	0	0	13	197	3115	52275
Subcoeruleus nucleus ventral part	0	0	0	11	157	2763	47580
Lateral parabrachial nucleus central part	0	1	0	10	151	2512	42118
Parabigeminal nucleus	0	0	3	11	147	2332	38186
Microcellular tegmental nucleus	0	1	0	4	113	1941	32935
Inferior salivatory nucleus	0	0	0	17	150	2054	32527
Matrix region of the medulla	0	0	0	2	79	1613	28713
Fasciculus retroflexus	0	0	0	5	93	1514	24848
Intermediate nucleus of the lateral lemniscus	1	3	21	114	542	2811	24151
Optic nerve layer of the superior colliculus	1	0	2	10	77	1261	21315
Lateral reticular nucleus subtrigeminal part	0	0	0	1	52	968	16459
Spinal trigeminal tract	0	0	1	3	36	602	10446
Brachium of the inferior colliculus	0	2	0	5	40	584	10385
Dorsal cochlear nucleus fusiform layer	0	0	1	6	46	594	9510
Commissure of the superior colliculus	0	1	0	1	27	527	9018
Genu of the facial nerve	0	0	1	6	49	575	8137
Perifacial zone	0	1	1	0	18	285	4726
Peritrigeminal zone	0	0	1	1	12	228	3692
Lateroventral periolivary nucleus	0	0	2	13	68	379	3307
Medioventral periolivary nucleus	0	1	2	13	68	379	3307
Superficial gray layer of the superior colliculus	0	0	4	6	21	215	3290
Commissure of the inferior nucleus	0	1	2	9	52	293	2383
Sagulum nucleus	0	1	1	6	35	181	1288
Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	0	0	0	0	3	55	1009
Dorsal periolivary region	0	0	1	6	30	120	522
Central gray alpha part	0	0	0	0	0	0	0
Oculomotor nucleus parvicellular part	0	0	0	0	0	0	0
Parabrachial nucleus	0	0	0	0	0	0	0
Commissural nucleus of the inferior colliculus	0	0	0	0	0	0	0
External cortex of the inferior colliculus layer 1	0	0	0	0	0	0	0
External cortex of the inferior colliculus layer 2	0	0	0	0	0	0	0
Superior colliculus zonal layer	0	0	0	0	0	0	0
Anterior tegmental nucleus	0	0	0	0	0	0	0
Dorsal tegmental decussation	0	0	0	0	0	0	0
Dorsal tegmental nucleus pericentral part	0	0	0	0	0	0	0
Commissure of the lateral lemniscus	0	0	0	0	0	0	0
Decussatio of the superior cerebellar peduncle	0	0	0	0	0	0	0
Nucleus O	0	0	0	0	0	0	0
Pontine nucleus oralis	0	0	0	0	0	0	0
Isthmic reticular formation	0	0	0	0	0	0	0
Precuneiform area	0	0	0	0	0	0	0

Pontine reticular nucleus ventral part	0	0	0	0	0	0	0
Cuneiforme nucleus dorsal part	0	0	0	0	0	0	0
Lateral parabrachial nucleus internal part	0	0	0	0	0	0	0
Nucleus medullae oblongatae centralis	0	0	0	0	0	0	0
Sphenoid nucleus	0	0	0	0	0	0	0
Subcoeruleus nucleus alpha part	0	0	0	0	0	0	0
Ambiguus nucleus loose part	0	0	0	0	0	0	0
Nucleus of the spinal accessory nerve	0	0	0	0	0	0	0
Accessory facial nucleus	0	0	0	0	0	0	0
Facial nucleus dorsal intermediate subnucleus	0	0	0	0	0	0	0
Facial nucleus dorsolateral subnucleus	0	0	0	0	0	0	0
Facial nucleus dorsomedial subnucleus	0	0	0	0	0	0	0
Facial nucleus ventral intermediate subnucleus	0	0	0	0	0	0	0
Facial nucleus ventromedial subnucleus	0	0	0	0	0	0	0
Mesencephalic trigeminal tract	0	0	0	0	0	0	0
Motor root of the trigeminal nerve	0	0	0	0	0	0	0
Sensory root of the trigeminal nerve	0	0	0	0	0	0	0
Paratrochlear nucleus	0	0	0	0	0	0	0
Dorsal cochlear nucleus deep core	0	0	0	0	0	0	0
Dorsal cochlear nucleus superficial layer	0	0	0	0	0	0	0
Ventral cochlear nucleus anterior part	0	0	0	0	0	0	0
Parachochlear glial substance	0	0	0	0	0	0	0
Nucleus of origin of efferents of the vestibular nerve	0	0	0	0	0	0	0
Nucleus of the central acoustic tract	0	0	0	0	0	0	0
Vestibulocerebellar nucleus	0	0	0	0	0	0	0
Solitary tract	0	0	0	0	0	0	0
Vagus nerve or its root	0	0	0	0	0	0	0
Dorsal raphe nucleus paramedian part	0	0	0	0	0	0	0
B9 serotonin cells	0	0	0	0	0	0	0
Caudal ventrolateral medulla lateral part	0	0	0	0	0	0	0
Dorsal acoustic stria	0	0	0	0	0	0	0
Cuneate nucleus medial part	0	0	0	0	0	0	0
External cuneate nucleus	0	0	0	0	0	0	0
Intercalated nucleus of the medulla	0	0	0	0	0	0	0
Linear nucleus of the medulla	0	0	0	0	0	0	0
Nucleus interfascicularis hypoglossi	0	0	0	0	0	0	0
Nucleus X	0	0	0	0	0	0	0
Inferior olive subnucleus A of medial nucleus	0	0	0	0	0	0	0
Inferior olive subnucleus B of medial nucleus	0	0	0	0	0	0	0
Inferior olive subnucleus C of medial nucleus	0	0	0	0	0	0	0
Lateral paragigantocellular nucleus alpha part	0	0	0	0	0	0	0
Superior salivatory nucleus	0	0	0	0	0	0	0
Subpostrema area	0	0	0	0	0	0	0

**Tabelle 20:** Tabelle der Netzwerkulnerabilitäten des unilateralen BS-Konnektoms. V: Vulnerabilität (Definition siehe Unterkapitel zur Vulnerabilitätsanalyse S. 66).

Region	V	Region	V
Edinger Westphal nucleus	5,51	Gracile nucleus principal part	0,17
Locus coeruleus	4,36	A2 noradrenergic cells	0,17
Central nucleus of the inferior colliculus	3,04	Nucleus of the solitary tract rostralateral part	0,16
Rostral ventral respiratory group	2,52	C2 adrenaline cells	0,16
Spinal trigeminal nucleus oral part	2,07	Prerubral field	0,15
Ventrolateral periaqueductal gray	2,06	Nucleus of the solitary tract dorsolateral part	0,15
Pedunculopontine tegmental nucleus	1,76	Dorsomedial tegmental area	0,15
Prepositus nucleus	1,71	Pre Boetzing complex	0,14
Spinal trigeminal nucleus caudal part	1,62	Interfascicular nucleus	0,14
Pretectal region	1,45	Dorsal cortex of the inferior colliculus	0,14
Dorsal motor nucleus of vagus	1,34	Olivary pretectal nucleus	0,14
Pontine reticular nucleus caudal part	1,3	C3 adrenaline cells	0,13
Median raphe nucleus	1,28	Medial vestibular nucleus parvicellular part	0,13
Mesencephalic trigeminal nucleus	1,27	Cochlear root of the vestibulocochlear nerve	0,13
Parabrachial nucleus medial	1,24	Lateral parabrachial nucleus ventral part	0,13
Interpeduncular nucleus	1,18	Medial accessory oculomotor nucleus	0,13
Spinal vestibular nucleus	1,15	Nucleus of the solitary tract interstitial part	0,12
Superior vestibular nucleus	1,14	Retroambiguus nucleus	0,12
Koelliker Fuse nucleus	1,13	Intermediate gray layer of the superior colliculus	0,35
Medial paralemniscal nucleus	1,02	A1 noradrenergic cells	0,34
Substantia nigra reticular part	0,97	Ventral tegmental nucleus	0,34
Nucleus of the solitary tract medial part	0,94	Barringtons nucleus	0,34
Parapyramidal nucleus	0,92	Nucleus of the solitary tract ventrolateral part	0,33
Nucleus of the solitary tract commissural part	0,88	Gigantocellular reticular nucleus ventral part	0,32
A5 noradrenaline cells	0,86	Nucleus of the solitary tract lateral part	0,31
Raphe magnus nucleus	0,86	Nucleus of the solitary tract intermediate part	0,3
Lateral vestibular nucleus	0,84	Lateral parabrachial nucleus external part	0,29
Superior paraolivary nucleus	0,72	Pontine raphe nucleus	0,28
Lateral periaqueductal gray	0,69	C1 adrenaline cells	0,28
Facial nucleus lateral subnucleus	0,67	Dorsal raphe nucleus lateral wing	0,28
Nucleus of the trapezoid body	0,66	Dorsal paragigantocellular nucleus	0,27
Dorsolateral periaqueductal gray	0,62	Rostrovventrolateral reticular nucleus	0,26
Subcoeruleus nucleus dorsal part	0,62	Boetzing complex	0,25
Supratrigeminal nucleus	0,6	Rostral linear nucleus of the raphe	0,25
Glossopharyngeal nerve	0,58	Dorsomedial periaqueductal gray	0,24
Dorsal raphe nucleus dorsal part	0,58	Retrorubral nucleus	0,24
Pontine reticular nucleus oral part	0,57	Medial longitudinal fasciculus	0,22
Spinal trigeminal nucleus interpolar part	0,57	Inferior olive dorsal nucleus	0,22
Dorsal raphe nucleus caudal part	0,57	Medullary reticular nucleus ventral part	0,21
Raphe obscurus nucleus	0,55	Caudal linear nucleus of the raphe	0,21
Peripeduncular nucleus	0,49	Superficial gray layer of the superior colliculus	0,21
Raphe pallidus nucleus	0,47	Central gray pons part	0,21
Principal sensory trigem. Nc. dorsomed	0,44	A7 noradrenaline cells	0,2
Dorsal nucleus of the lateral lemniscus	0,43	Rostral interstitial nc. med. longitudinal fasciculus	0,18
Nucleus of Darkschewitsch	0,4	Parasolitary nucleus	0,18
Gigantocellular reticular nucleus alpha part	0,36	Nucleus of the posterior commissure	0,17
Substantia nigra lateral part	0,36	Ambiguus nucleus compact part	0,17
Area postrema	0,35	Lateral superior olive	0,17

Region	V	Region	V
Medial superior olive	0,12	Nucleus of Roller	-0
Lateral parabrachial nucleus dorsal part	0,11	Brachium of the inferior colliculus	-0
Ventral nucleus of the lateral lemniscus	0,11	Optic nerve layer of the superior colliculus	-0
Medial vestibular nucleus magnocellular part	0,1	Nucleus of the solitary tract ventral part	-0
Substantia nigra compact part dorsal tier	0,1	Perifacial zone	-0
Nucleus of the solitary tract central part	0,1	Intermediate nucleus of the lateral lemniscus	-0
Paratrigeminal nucleus	0,1	Matrix region of the medulla	-0,1
Supragenual nucleus	0,1	Fasciculus retroflexus	-0,1
Deep white layer of the superior colliculus	0,1	Dorsal cochlear nucleus fusiform layer	-0,1
Ventral tegmental area rostral part	0,1	Inferior salivatory nucleus	-0,1
Caudovernal reticular nucleus	0,09	Spinal trigeminal tract	-0,1
Lateral reticular nucleus parvicellular part	0,08	Peritrigeminal zone	-0,1
Paramedian reticular nucleus	0,08	Lateral reticular nucleus subtrigeminal part	-0,1
Intercollicular nucleus	0,08	Medioventral periolivary nucleus	-0,1
Deep gray layer of the superior colliculus	0,08	Lateroventral periolivary nucleus	-0,1
Paranigral nucleus	0,07	Sagulum nucleus	-0,1
Subpeduncular tegmental nucleus	0,07	Commissure of the inferior nucleus	-0,1
Nucleus of the solitary tract dorsomedial	0,06	Nc of the brachium of the inferior colliculus	-0,2
Nucleus of the solitary tract gelatinous part	0,06	Dorsal periolivary region	-0,2
Red nucleus magnocellular part	0,06	External cuneate nucleus	-0,3
Raphe interpositus nucleus	0,06	B9 serotonin cells	-0,3
Intermed. white layer superior colliculus	0,06	Caudal ventrolateral medulla lateral part	-0,3
Paramedian raphe nucleus	0,06	Superior salivatory nucleus	-0,4
Dorsal raphe nucleus ventral part	0,05	Facial nucleus dorsolateral subnucleus	-0,4
Lateral parabrachial nucleus crescent part	0,05	Facial nucleus dorsal intermediate subnucleus	-0,4
Parvicellular reticular nucleus alpha part	0,05	Subpostrema area	-0,4
Nucleus Y	0,04	Dorsal raphe nucleus paramedian part	-0,4
Dorsal tegmental nucleus central part	0,04	Sensory root of the trigeminal nerve	-0,4
Intermediate reticular nucleus alpha part	0,03	Lateral paragigantocellular nucleus alpha part	-0,4
Paraabducens nucleus	0,03	Lateral parabrachial nucleus internal part	-0,4
Posterodorsal tegmental nucleus	0,03	Ambiguus nucleus loose part	-0,4
Red nucleus parvicellular part	0,03	Pontine reticular nucleus ventral part	-0,4
Substantia nigra compact part ventral tier	0,03	Vestibulocerebellar nucleus	-0,4
Retrofacial nucleus	0,03	Accessory facial nucleus	-0,4
Microcellular tegmental nucleus	0,02	Cuneiforme nucleus dorsal part	-0,4
Inferior olive ventrolateral protrusion	0,01	Ventral cochlear nucleus anterior part	-0,5
Parabrachial pigmented nucleus	0,01	Solitary tract	-0,5
Intermediate interstitial nc. med. longitudinal fasc.	0,01	Facial nucleus ventromedial subnucleus	-0,5
Lateral terminal nucleus of the accessory optic tract	0,01	Central gray alpha part	-0,5
Inferior olive beta subnucleus	0,01	Oculomotor nucleus parvicellular part	-0,5
Subcoeruleus nucleus ventral part	0,01	Parabrachial nucleus	-0,5
Lateral parabrachial nucleus central part	0	Anterior tegmental nucleus	-0,5
Genu of the facial nerve	0	Inferior olive subnucleus A of medial nucleus	-0,5
Inferior olive cap of Kooy of the medial nucleus	-0	Inferior olive subnucleus B of medial nucleus	-0,5
Parabigeminal nucleus	-0	Inferior olive subnucleus C of medial nucleus	-0,5
Principal sensory trigeminal nucleus ventrolateral part	-0	Commissural nucleus of the inferior colliculus	-0,5
Lateral parabrachial nucleus superior part	-0	Nucleus of origin of efferents of the vestibular nerve	-0,5
Commissure of the superior colliculus	-0	Subcoeruleus nucleus alpha part	-0,5



Region	V
Motor root of the trigeminal nerve	-0,5
Sphenoid nucleus	-0,5
Vagus nerve or its root	-0,5
Commissure of the lateral lemniscus	-0,5
Intercalated nucleus of the medulla	-0,5
Linear nucleus of the medulla	-0,5
Isthmic reticular formation	-0,5
Mesencephalic trigeminal tract	-0,5
Dorsal cochlear nucleus deep core	-0,5
Pontine nucleus oralis	-0,5
Facial nc. ventral intermediate subnc.	-0,5
Facial nucleus dorsomedial subnucleus	-0,5
Parachochlear glial substance	-0,5
Nucleus X	-0,5
Cuneate nucleus medial part	-0,5
Decussatio superior cerebellar peduncle	-0,5
Nucleus medullae oblongatae centralis	-0,5
External cortex inferior colliculus layer 2	-0,5
Paratrochlear nucleus	-0,5
Dorsal tegmental nucleus pericentral part	-0,5
Nucleus interfascicularis hypoglossi	-0,5
External cortex inferior colliculus layer 1	-0,5
Nucleus O	-0,6
Dorsal tegmental decussation	-0,6
Dorsal cochlear nucleus superficial layer	-0,6
Nucleus of the central acoustic tract	-0,6
Precuneiform area	-0,6
Superior colliculus zonal layer	-0,6
Nucleus of the spinal accessory nerve	-0,9
Dorsal acoustic stria	-0,9

**Tabelle 21:** Allgemeine intrinsische Konnektivität des unilateralen BS-Konnekts. Die Interpretation der ersten Tabellenzeile lautet: Der Spinal trigeminal nucleus caudal part hat 220 intrinsische Output Verbindungen von denen ein Maximum an 15 Verbindungen zum Facial nucleus lateral subnucleus ziehen. Außerdem hat der Spinal trigeminal nucleus caudal part 53 intrinsische Input Verbindungen von denen ein Maximum von 5 Verbindungen vom Ventrolateral periaqueductal gray stammen.

Name	Out	Max	Target	In	Max	Source	Subregions
Spinal trigeminal nucleus caudal part	220	15	Facial nucleus lateral subnucleus	53	5	Ventrolateral periaqueductal gray	137
Ventrolateral periaqueductal gray	133	13	Locus coeruleus	48	4	Nucleus of the solitary tract gelatinous part	8
Locus coeruleus	93	5	Lateral vestibular nucleus	177	13	Ventrolateral periaqueductal gray	74
Dorsolateral periaqueductal gray	91	7	A5 noradrenergic cells	14	4	Ventrolateral periaqueductal gray	6
Pretectal region	90	12	Inferior olive dorsal nucleus	40	6	Pedunculopontine tegmental nucleus	39
Median raphe nucleus	86	21	Interpeduncular nucleus	65	16	Interpeduncular nucleus	40
Raphe magnus nucleus	72	6	Locus coeruleus	92	8	Ventrolateral periaqueductal gray	10
Parabrachial nucleus medial	71	7	Locus coeruleus	58	5	Ventrolateral periaqueductal gray	18
Pedunculopontine tegmental nucleus	70	8	Substantia nigra reticular part	51	9	Substantia nigra reticular part	22
Spinal trigeminal nucleus oral part	61	5	Spinal trigeminal nucleus caudal part	51	14	Spinal trigeminal nucleus caudal part	57
Nucleus of the solitary tract medial part	60	7	Locus coeruleus	41	6	Area postrema	28
Koelliker Fuse nucleus	59	4	Lateral vestibular nucleus	48	10	Spinal trigeminal nucleus caudal part	10
Spinal trigeminal nucleus interpolar part	59	6	Nucleus of the solitary tract medial part	34	8	Spinal trigeminal nucleus caudal part	54
Raphe obscurus nucleus	58	10	Lateral vestibular nucleus	43	5	Spinal trigeminal nucleus caudal part	7
Substantia nigra reticular part	54	9	Pedunculopontine tegmental nucleus	30	8	Pedunculopontine tegmental nucleus	65
Lateral periaqueductal gray	52	4	Locus coeruleus	25	3	Nucleus of the solitary tract dorsolateral part	11
Prepositus nucleus	48	12	Locus coeruleus	32	3	Ventrolateral periaqueductal gray	15
Mesencephalic trigeminal nucleus	45	5	Locus coeruleus	55	5	Median raphe nucleus	21
Edinger Westphal nucleus	45	3	Nucleus of Darkschewitsch	50	4	Pretectal region	6
Area postrema	42	6	Nucleus of the solitary tract medial part	14	3	Dorsal motor nucleus of vagus	14
Interpeduncular nucleus	39	16	Median raphe nucleus	53	21	Median raphe nucleus	58
Nucleus of the trapezoid body	34	9	Central nucleus of the inferior colliculus	25	4	Central nucleus of the inferior colliculus	33
Central nucleus of the inferior colliculus	33	6	Dorsal cortex of the inferior colliculus	60	16	Superior paraolivary nucleus	19
Gigantocellular reticular nucleus alpha part	33	5	Rostrovventrolateral reticular nucleus	34	6	Pretectal region	9
Superior paraolivary nucleus	33	16	Central nucleus of the inferior colliculus	21	4	Central nucleus of the inferior colliculus	17
Raphe pallidus nucleus	32	5	Dorsal motor nucleus of vagus	49	5	Spinal trigeminal nucleus caudal part	6
Spinal vestibular nucleus	31	2	Parabrachial nucleus medial	12	4	Superior vestibular nucleus	25
Paratrigeminal nucleus	31	6	Dorsal motor nucleus of vagus	3	2	Glossopharyngeal nerve	7
Lateral vestibular nucleus	30	4	Inferior olive dorsal nucleus	69	10	Dorsal raphe nucleus lateral wing	36
Pontine reticular nucleus oral part	30	3	Ventral tegmental nucleus	52	8	Substantia nigra reticular part	14
Superior vestibular nucleus	30	4	Spinal vestibular nucleus	31	4	Dorsal raphe nucleus lateral wing	24
Nucleus of the solitary tract intermediate part	30	4	Rostral ventral respiratory group	15	4	Glossopharyngeal nerve	20
Nucleus of the solitary tract ventrolateral part	29	3	Parabrachial nucleus medial	17	7	Spinal trigeminal nucleus caudal part	7
Pontine reticular nucleus caudal part	27	3	Raphe magnus nucleus	54	4	Dorsolateral periaqueductal gray	15
A5 noradrenergic cells	27	2	Locus coeruleus	44	9	Spinal trigeminal nucleus caudal part	7
Nucleus of the solitary tract commissural part	27	3	Dorsal motor nucleus of vagus	35	5	Spinal trigeminal nucleus caudal part	12
Glossopharyngeal nerve	27	5	Nucleus of the solitary tract interstitial part	6	1	Ambiguous nucleus compact part	4
Dorsal raphe nucleus lateral wing	22	10	Lateral vestibular nucleus	14	5	Locus coeruleus	4
Subcoeruleus nucleus dorsal part	22	2	Lateral vestibular nucleus	7	3	Ventrolateral periaqueductal gray	0
Dorsal paragigantocellular nucleus	22	3	Locus coeruleus	4	1	Ventrolateral periaqueductal gray	3
Lateral superior olive	21	5	Central nucleus of the inferior colliculus	13	4	Nucleus of the trapezoid body	19
Dorsomedial periaqueductal gray	21	3	Locus coeruleus	4	1	Dorsolateral periaqueductal gray	4
Gigantocellular reticular nucleus ventral part	20	4	Raphe pallidus nucleus	19	5	Pretectal region	2
Nucleus of the solitary tract interstitial part	20	5	Rostral ventral respiratory group	16	7	Spinal trigeminal nucleus caudal part	12
Dorsal motor nucleus of vagus	18	3	Area postrema	89	7	Spinal trigeminal nucleus caudal part	42
Rostral ventral respiratory group	18	1	Deep gray layer of the superior colliculus	72	5	Nucleus of the solitary tract interstitial part	2
Ventral tegmental nucleus	18	7	Interpeduncular nucleus	32	7	Interpeduncular nucleus	7
Nucleus of the solitary tract lateral part	18	4	Locus coeruleus	15	2	Dorsolateral periaqueductal gray	10
Dorsal raphe nucleus caudal part	17	5	Interpeduncular nucleus	13	8	Interpeduncular nucleus	8
Ventral nucleus of the lateral lemniscus	17	4	Central nucleus of the inferior colliculus	10	2	Nucleus of the trapezoid body	3
Pontine raphe nucleus	17	4	Locus coeruleus	10	2	Median raphe nucleus	4
Parapyramidal nucleus	17	6	Dorsal motor nucleus of vagus	8	1	Nucleus of Darkschewitsch	5
Nucleus of the solitary tract dorsolateral part	16	3	Lateral periaqueductal gray	10	7	Spinal trigeminal nucleus caudal part	4
Dorsal nucleus of the lateral lemniscus	15	5	Central nucleus of the inferior colliculus	15	4	Central nucleus of the inferior colliculus	8

Nucleus of Darkschewitsch	14	2	Inferior olive dorsal nucleus	29	3	Edinger Westphal nucleus	2
Ventral tegmental area rostral part	14	3	Interfascicular nucleus	5	1	Dorsolateral periaqueductal gray	6
Olivary pretectal nucleus	14	3	Nucleus of Darkschewitsch	4	2	Pretectal region	13
Intercollicular nucleus	14	3	Pontine reticular nucleus caudal part	3	2	Substantia nigra reticular part	10
A1 noradrenergic cells	13	1	Ventrolateral periaqueductal gray	24	11	Spinal trigeminal nucleus caudal part	1
Barringtons nucleus	13	5	Locus coeruleus	22	3	Ventrolateral periaqueductal gray	4
A7 noradrenaline cells	13	2	Nucleus of the trapezoid body	7	2	Ventrolateral periaqueductal gray	3
Medial superior olive	12	5	Central nucleus of the inferior colliculus	14	4	Central nucleus of the inferior colliculus	3
Rostroventrolateral reticular nucleus	11	3	Raphe obscurus nucleus	42	5	Gigantocellular reticular nucleus alpha part	4
Lateral parabrachial nucleus external part	11	1	Dorsolateral periaqueductal gray	24	6	Spinal trigeminal nucleus caudal part	7
Rostral linear nucleus of the raphe	11	1	Central gray pons part	9	1	Edinger Westphal nucleus	0
Nucleus of the solitary tract central part	11	2	Ambiguus nucleus compact part	5	1	Nucleus of the solitary tract intermediate part	3
Medial vestibular nucleus parvicellular part	11	1	Medial longitudinal fasciculus	2	1	Prepositus nucleus	10
Nucleus of the solitary tract gelatinous part	10	4	Ventrolateral periaqueductal gray	1	1	Dorsal motor nucleus of vagus	4
External cuneate nucleus	10	2	Dorsal cochlear nucleus fusiform layer	0	0		9
Retrobulbar nucleus	9	2	Raphe magnus nucleus	16	2	Substantia nigra reticular part	5
Cochlear root of the vestibulocochlear nerve	9	4	Pontine reticular nucleus caudal part	5	4	Locus coeruleus	3
A2 noradrenergic cells	9	1	Ventrolateral periaqueductal gray	4	1	Raphe magnus nucleus	0
Substantia nigra compact part ventral tier	9	5	Substantia nigra reticular part	1	1	Substantia nigra reticular part	2
B9 serotonin cells	9	3	Raphe magnus nucleus	0	0		4
Subpostrema area	9	2	Boetzing complex	0	0		2
Intermediate gray layer of the superior colliculus	8	1	Brachium of the inferior colliculus	16	2	Dorsolateral periaqueductal gray	12
Nucleus of the solitary tract rostralateral part	8	1	Locus coeruleus	10	3	Spinal trigeminal nucleus interpolar part	11
Substantia nigra lateral part	8	1	Ventrolateral periaqueductal gray	9	2	Ventrolateral periaqueductal gray	8
Rostral interstitial nucleus of medial longitudinal fasciculus	8	1	Edinger Westphal nucleus	7	1	Substantia nigra reticular part	0
Caudal linear nucleus of the raphe	8	2	Median raphe nucleus	6	2	Median raphe nucleus	2
Nucleus of the posterior commissure	8	2	Edinger Westphal nucleus	6	1	Pedunculopontine tegmental nucleus	4
Nucleus of the solitary tract dorsomedial part	8	1	Rostroventrolateral reticular nucleus	3	1	Area postrema	1
Inferior olive dorsal nucleus	7	3	Lateral vestibular nucleus	28	12	Pretectal region	43
Supratrigeminal nucleus	7	1	Paramedian reticular nucleus	26	3	Mesencephalic trigeminal nucleus	8
C1 adrenaline cells	7	1	Ventrolateral periaqueductal gray	20	2	Ventrolateral periaqueductal gray	4
Medullary reticular nucleus ventral part	7	1	A5 noradrenaline cells	10	1	Ventrolateral periaqueductal gray	0
Intermediate nucleus of the lateral lemniscus	7	3	Central nucleus of the inferior colliculus	9	3	Nucleus of the trapezoid body	1
Lateral parabrachial nucleus ventral part	7	3	Edinger Westphal nucleus	4	1	Lateral periaqueductal gray	3
Nucleus of the solitary tract ventral part	7	2	Boetzing complex	3	1	Area postrema	2
Medial longitudinal fasciculus	6	2	Locus coeruleus	14	1	Ventrolateral periaqueductal gray	3
Central gray pons part	6	1	Ventrolateral periaqueductal gray	6	1	Deep gray layer of the superior colliculus	12
Prerubral field	6	1	Edinger Westphal nucleus	5	2	Median raphe nucleus	0
Parasolitary nucleus	6	1	Peripeduncular nucleus	5	1	A5 noradrenaline cells	3
Substantia nigra compact part dorsal tier	6	2	Supratrigeminal nucleus	3	2	Median raphe nucleus	6
Lateral reticular nucleus parvicellular part	6	2	Parabrachial nucleus medial	3	2	Parapyramidal nucleus	2
C3 adrenaline cells	6	1	Interfascicular nucleus	3	1	Raphe magnus nucleus	0
Caudovernal reticular nucleus	6	2	Locus coeruleus	3	2	Parabrachial nucleus medial	1
Dorsal cortex of the inferior colliculus	5	1	Sagulum nucleus	17	6	Central nucleus of the inferior colliculus	140
Deep gray layer of the superior colliculus	5	1	Central gray pons part	9	6	Substantia nigra reticular part	21
Principal sensory trigeminal nucleus dorsomedial part	5	1	Supratrigeminal nucleus	9	2	Mesencephalic trigeminal nucleus	0
Paramedian reticular nucleus	5	1	Rostroventrolateral reticular nucleus	7	2	Dorsolateral periaqueductal gray	0
Dorsal raphe nucleus dorsal part	5	2	Dorsolateral periaqueductal gray	7	2	Lateral periaqueductal gray	9
Medial accessory oculomotor nucleus	5	1	Nucleus of Darkschewitsch	5	1	Substantia nigra reticular part	0
Dorsal tegmental nucleus central part	5	2	Interpeduncular nucleus	4	1	Prepositus nucleus	0
Parabigeminal nucleus	5	2	Pretectal region	3	2	Dorsolateral periaqueductal gray	10
Deep white layer of the superior colliculus	5	2	Spinal trigeminal nucleus oral part	3	1	Substantia nigra reticular part	4
Lateral terminal nucleus of the accessory optic tract	5	4	Pretectal region	2	1	Substantia nigra reticular part	0
Paramedian raphe nucleus	5	1	Dorsomedial tegmental area	1	1	Edinger Westphal nucleus	0
Pre Boetzing complex	4	1	Locus coeruleus	19	7	Spinal trigeminal nucleus caudal part	0
Retroambiguus nucleus	4	1	Rostroventrolateral reticular nucleus	11	2	Rostroventrolateral reticular nucleus	4
Gracile nucleus principal part	4	2	Pretectal region	8	1	A5 noradrenaline cells	0
Parabrachial pigmented nucleus	4	1	Nucleus of Darkschewitsch	5	2	Ventral tegmental area rostral part	7
Paranigral nucleus	4	1	Nucleus of Darkschewitsch	5	3	Ventral tegmental area rostral part	5
C2 adrenaline cells	4	1	Ventrolateral periaqueductal gray	5	1	Mesencephalic trigeminal nucleus	1

Subpeduncular tegmental nucleus	4	1	Medial longitudinal fasciculus	4	1	Substantia nigra lateral part	0
Brachium of the inferior colliculus	4	1	Central nucleus of the inferior colliculus	3	1	Central nucleus of the inferior colliculus	4
Commissure of the inferior nucleus	4	2	Nucleus of the trapezoid body	2	2	Superior paraolivary nucleus	5
Sensory root of the trigeminal nerve	4	3	Spinal trigeminal nucleus oral part	0	0		0
Facial nucleus lateral subnucleus	3	1	Pedunculopontine tegmental nucleus	39	15	Spinal trigeminal nucleus caudal part	4
Ambiguus nucleus compact part	3	2	Rostral ventral respiratory group	33	5	Nucleus of the solitary tract medial part	10
Peripeduncular nucleus	3	1	Medial paralemniscal nucleus	9	1	External cortex of the inferior colliculus layer 1	6
Dorsomedial tegmental area	3	1	Nucleus of Darkschewitsch	8	2	Pontine reticular nucleus oral part	0
Lateral parabrachial nucleus dorsal part	3	1	Spinal trigeminal nucleus caudal part	8	1	Dorsolateral periaqueductal gray	0
Superficial gray layer of the superior colliculus	3	1	Parabigeminal nucleus	6	3	Pretectal region	12
Intermediate white layer of the superior colliculus	3	1	Substantia nigra lateral part	5	1	Brachium of the inferior colliculus	8
Inferior olive ventrolateral protrusion	3	2	Nucleus Y	5	1	Nucleus of Darkschewitsch	12
Supragenual nucleus	3	1	Ventral tegmental nucleus	4	2	Ventrolateral periaqueductal gray	0
Medial vestibular nucleus magnocellular part	3	1	Medial paralemniscal nucleus	4	1	Medial paralemniscal nucleus	2
Red nucleus magnocellular part	3	1	Locus coeruleus	3	1	Spinal vestibular nucleus	10
Optic nerve layer of the superior colliculus	3	1	Peripeduncular nucleus	3	1	Parabigeminal nucleus	9
Lateral parabrachial nucleus crescent part	3	1	Spinal trigeminal nucleus caudal part	1	1	Pedunculopontine tegmental nucleus	1
Paraabducens nucleus	3	1	Nucleus of Darkschewitsch	1	1	Prepositus nucleus	0
Genu of the facial nerve	3	2	Nucleus of origin of efferents of the vestibular nerve	1	1	Nucleus of the trapezoid body	5
Matrix region of the medulla	3	1	Area postrema	1	1	Spinal vestibular nucleus	0
Medioventral periolivary nucleus	3	1	Central nucleus of the inferior colliculus	1	1	Central nucleus of the inferior colliculus	2
Cuneiforme nucleus dorsal part	3	1	Nucleus of Darkschewitsch	0	0		0
Boetzinger complex	2	1	Locus coeruleus	38	3	Parabrachial nucleus medial	1
Medial paralemniscal nucleus	2	1	Medial vestibular nucleus magnocellular part	14	1	Dorsolateral periaqueductal gray	0
Interfascicular nucleus	2	1	Edinger Westphal nucleus	13	3	Ventral tegmental area rostral part	5
Intermediate reticular nucleus alpha part	2	1	C1 adrenaline cells	12	2	Nucleus of the solitary tract interstitial part	0
Subcoeruleus nucleus ventral part	2	1	Lateral parabrachial nucleus internal part	7	3	Ventrolateral periaqueductal gray	0
Parvicellular reticular nucleus alpha part	2	1	Supratrigeminal nucleus	5	1	Substantia nigra reticular part	0
Dorsal cochlear nucleus fusiform layer	2	2	Central nucleus of the inferior colliculus	5	2	External cuneate nucleus	6
Inferior olive cap of Kooy of the medial nucleus	2	1	Nucleus Y	5	3	Prepositus nucleus	11
Red nucleus parvicellular part	2	1	Nucleus of Darkschewitsch	4	1	Spinal vestibular nucleus	2
Lateral parabrachial nucleus superior part	2	1	Boetzinger complex	4	1	Dorsolateral periaqueductal gray	1
Retrofacial nucleus	2	1	Glossopharyngeal nerve	4	1	Pedunculopontine tegmental nucleus	0
Peritrigeminal zone	2	1	Lateral parabrachial nucleus internal part	3	2	Mesencephalic trigeminal nucleus	1
Lateral reticular nucleus subtrigeminal part	2	1	Gracile nucleus principal part	1	1	Parapyramidal nucleus	2
Perifacial zone	2	1	Boetzinger complex	1	1	Rostral ventral respiratory group	0
Dorsal raphe nucleus ventral part	2	1	Dorsolateral periaqueductal gray	1	1	Ventrolateral periaqueductal gray	5
Raphe interpositus nucleus	2	1	Rostral interstitial nucleus of medial longitudinal fasciculus	1	1	Edinger Westphal nucleus	1
Lateroventral periolivary nucleus	2	1	Medial superior olive	1	1	Central nucleus of the inferior colliculus	0
Superior colliculus zonal layer	2	2	Superficial gray layer of the superior colliculus	0	0		1
Cuneate nucleus medial part	2	1	Ambiguus nucleus compact part	0	0		1
Lateral paragigantocellular nucleus alpha part	2	1	Spinal trigeminal nucleus caudal part	0	0		0
Lateral parabrachial nucleus central part	1	1	Rostral ventral respiratory group	7	5	Spinal trigeminal nucleus caudal part	2
Nucleus of Roller	1	1	Nucleus of the solitary tract commissural part	7	5	Spinal trigeminal nucleus caudal part	0
Nucleus Y	1	1	Spinal vestibular nucleus	4	2	Inferior olive ventrolateral protrusion	3
Inferior olive beta subnucleus	1	1	Superior vestibular nucleus	4	1	Prepositus nucleus	19
Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	1	1	Medial paralemniscal nucleus	3	2	Dorsolateral periaqueductal gray	0
Microcellular tegmental nucleus	1	1	Rostral ventral respiratory group	3	1	Intercollicular nucleus	0
Intermediate interstitial nucleus of the medial longitudinal fasciculus	1	1	Prepositus nucleus	3	1	Substantia nigra reticular part	0
Principal sensory trigeminal nucleus ventrolateral part	1	1	A5 noradrenaline cells	3	1	Dorsolateral periaqueductal gray	2
Sagulum nucleus	1	1	Central nucleus of the inferior colliculus	2	1	Central nucleus of the inferior colliculus	2
Commissure of the superior colliculus	1	1	Central nucleus of the inferior colliculus	2	1	Central nucleus of the inferior colliculus	0
Posterodorsal tegmental nucleus	1	1	Locus coeruleus	2	1	Ventral tegmental area rostral part	0
Spinal trigeminal tract	1	1	Spinal trigeminal nucleus oral part	2	1	Paratrigeminal nucleus	6
Inferior salivatory nucleus	1	1	Glossopharyngeal nerve	2	1	Koelliker Fuse nucleus	0
Fasciculus retroflexus	1	1	Interpeduncular nucleus	1	1	Ventrolateral periaqueductal gray	0
Dorsal periolivary region	1	1	Central nucleus of the inferior colliculus	1	1	Dorsal nucleus of the lateral lemniscus	0
External cortex of the inferior colliculus layer 1	1	1	Peripeduncular nucleus	0	0		0
Isthmic reticular formation	1	1	Dorsal raphe nucleus dorsal part	0	0		0
Precuneiform area	1	1	Medial paralemniscal nucleus	0	0		0

Sphenoid nucleus	1	1	Interpeduncular nucleus	0	0	0	
Nucleus of the spinal accessory nerve	1	1	Vagus nerve or its root	0	0	10	
Ventral cochlear nucleus anterior part	1	1	Pontine reticular nucleus caudal part	0	0	7	
Nucleus of the central acoustic tract	1	1	Medial paralemniscal nucleus	0	0	0	
Vestibulocerebellar nucleus	1	1	Edinger Westphal nucleus	0	0	0	
Dorsal raphe nucleus paramedian part	1	1	Locus coeruleus	0	0	0	
Superior salivatory nucleus	0	0		21	10	Spinal trigeminal nucleus caudal part	6
Lateral parabrachial nucleus internal part	0	0		16	7	Spinal trigeminal nucleus caudal part	0
Facial nucleus dorsal intermediate subnucleus	0	0		11	1	Ventral nucleus of the lateral lemniscus	0
Caudal ventrolateral medulla lateral part	0	0		11	1	Ventrolateral periaqueductal gray	0
Ambiguous nucleus loose part	0	0		10	1	Koelliker Fuse nucleus	1
Facial nucleus dorsolateral subnucleus	0	0		10	1	Ventral nucleus of the lateral lemniscus	0
Nucleus of origin of efferents of the vestibular nerve	0	0		10	5	Lateral superior olive	2
Pontine reticular nucleus ventral part	0	0		9	5	Pretectal region	1
Subcoeruleus nucleus alpha part	0	0		5	3	Ventrolateral periaqueductal gray	2
Parachochlear glial substance	0	0		5	5	Spinal trigeminal nucleus caudal part	0
Nucleus X	0	0		5	5	Spinal trigeminal nucleus caudal part	0
Accessory facial nucleus	0	0		4	1	Edinger Westphal nucleus	0
Facial nucleus ventromedial subnucleus	0	0		3	1	Spinal trigeminal nucleus caudal part	1
Motor root of the trigeminal nerve	0	0		3	2	Mesencephalic trigeminal nucleus	0
Solitary tract	0	0		3	1	Glossopharyngeal nerve	0
Commissural nucleus of the inferior colliculus	0	0		2	1	Parabrachial nucleus medial	0
External cortex of the inferior colliculus layer 2	0	0		2	2	Central nucleus of the inferior colliculus	0
Decussatio of the superior cerebellar peduncle	0	0		2	1	Superior vestibular nucleus	0
Paratrochlear nucleus	0	0		2	1	Substantia nigra reticular part	0
Dorsal cochlear nucleus deep core	0	0		2	1	Spinal trigeminal nucleus caudal part	0
Vagus nerve or its root	0	0		2	1	Nucleus of the spinal accessory nerve	0
Central gray alpha part	0	0		1	1	Edinger Westphal nucleus	0
Oculomotor nucleus parvicellular part	0	0		1	1	Edinger Westphal nucleus	0
Pararubral nucleus	0	0		1	1	Edinger Westphal nucleus	0
Anterior tegmental nucleus	0	0		1	1	Edinger Westphal nucleus	0
Dorsal tegmental decussation	0	0		1	1	Subcoeruleus nucleus dorsal part	0
Dorsal tegmental nucleus pericentral part	0	0		1	1	Nucleus of the solitary tract medial part	0
Commissure of the lateral lemniscus	0	0		1	1	Pedunculopontine tegmental nucleus	0
Nucleus O	0	0		1	1	Dorsal raphe nucleus caudal part	0
Pontine nucleus oralis	0	0		1	1	Spinal trigeminal nucleus oral part	0
Nucleus medullae oblongatae centralis	0	0		1	1	Lateral vestibular nucleus	3
Facial nucleus dorsomedial subnucleus	0	0		1	1	Koelliker Fuse nucleus	0
Facial nucleus ventral intermediate subnucleus	0	0		1	1	Spinal trigeminal nucleus oral part	1
Mesencephalic trigeminal tract	0	0		1	1	Mesencephalic trigeminal nucleus	2
Dorsal cochlear nucleus superficial layer	0	0		1	1	Principal sensory trigeminal nucleus dorsomedial part	2
Dorsal acoustic stria	0	0		1	1	External cuneate nucleus	0
Intercalated nucleus of the medulla	0	0		1	1	Parabrachial nucleus medial	0
Linear nucleus of the medulla	0	0		1	1	Median raphe nucleus	0
Nucleus interfascicularis hypoglossi	0	0		1	1	Parapyramidal nucleus	2
Inferior olive subnucleus A of medial nucleus	0	0		1	1	Edinger Westphal nucleus	1
Inferior olive subnucleus B of medial nucleus	0	0		1	1	Edinger Westphal nucleus	2
Inferior olive subnucleus C of medial nucleus	0	0		1	1	Edinger Westphal nucleus	2

**Tabelle 22:** Die extrinsischen Verbindungen des unilateralen BS-Konnnektoms wurden hier nach Art der Verbindungen aufgeschlüsselt und einmal absteigend nach der Output Summe (erste graue Spalte) und nach der Input Summe (rechte graue Spalte) sortiert. In: Input, C: contralateral, I: ipsilateral, Sub: Unterregionen.

Region	In C	In I	In All	Out C	Out I	Out All	Sub In C	Sub In I	Sub In All	Sub Out C	Sub Out I	Sub Out All	Region In All sortiert	In All
Locus coeruleus	210	371	581	797	1133	1930	261	581	842	1306	2214	3520	Ventrolateral periaqueductal gray	964
A5 noradrenaline cells	85	101	186	268	651	919	98	104	202	372	792	1164	Lateral periaqueductal gray	901
Pedunculopontine tegmental nucleus	193	225	418	373	512	885	208	311	519	417	679	1096	Nucleus of the solitary tract medial part	607
Raphe magnus nucleus	92	208	300	141	739	880	96	257	353	165	833	998	Locus coeruleus	581
Koelliker Fuse nucleus	129	270	399	143	615	758	135	275	410	151	632	783	Nucleus of the solitary tract lateral part	563
Pontine reticular nucleus caudal part	140	178	318	303	420	723	156	195	351	309	456	765	Nucleus of Darkschewitsch	528
Parabrachial nucleus medial	153	239	392	143	563	706	203	318	521	230	740	970	Raphe pallidus nucleus	519
A7 noradrenaline cells	16	19	35	256	394	650	17	19	36	257	394	651	Edinger Westphal nucleus	517
Raphe pallidus nucleus	239	280	519	99	492	591	244	300	544	99	520	619	Pontine reticular nucleus oral part	474
Pontine reticular nucleus oral part	208	266	474	225	354	579	235	314	549	260	442	702	Spinal vestibular nucleus	422
Raphe obscurus nucleus	25	70	95	114	410	524	30	71	101	114	512	626	Pedunculopontine tegmental nucleus	418
Spinal trigeminal nucleus interpolar part	55	140	195	154	322	476	94	315	409	214	500	714	Intercollicular nucleus	410
Spinal trigeminal nucleus caudal part	56	142	198	138	291	429	196	411	607	379	675	1054	Pretectal region	403
Median raphe nucleus	87	164	251	68	357	425	124	326	450	148	670	818	Koelliker Fuse nucleus	399
Spinal trigeminal nucleus oral part	61	111	172	128	288	416	177	266	443	342	606	948	Parabrachial nucleus medial	392
Lateral vestibular nucleus	119	185	304	128	287	415	157	347	504	140	313	453	Dorsal motor nucleus of vagus	373
Gigantocellular reticular nucleus alpha part	46	95	141	175	216	391	46	103	149	177	226	403	Inferior olive dorsal nucleus	350
Spinal vestibular nucleus	196	226	422	168	213	381	242	308	550	176	228	404	Gracile nucleus principal part	333
Ventrolateral periaqueductal gray	425	539	964	139	222	361	431	569	1000	456	517	973	Pontine reticular nucleus caudal part	318
Dorsal motor nucleus of vagus	123	250	373	76	264	341	152	337	489	110	375	486	Lateral vestibular nucleus	304
Prepositus nucleus	90	94	184	140	168	308	90	94	184	143	178	321	Raphe magnus nucleus	300
Gigantocellular reticular nucleus ventral part	35	45	80	124	176	300	35	45	80	124	182	306	Dorsolateral periaqueductal gray	271
A1 noradrenergic cells	103	112	215	107	190	297	112	120	232	107	199	306	Ventral tegmental nucleus	256
Superior vestibular nucleus	48	87	135	113	178	291	71	175	246	122	192	314	Barringtons nucleus	252
Substantia nigra reticular part	27	173	200	76	199	275	27	282	309	112	411	523	Median raphe nucleus	251
Edinger Westphal nucleus	353	164	517	88	178	266	356	164	520	90	184	274	Nucleus of the solitary tract commissural part	238
Mesencephalic trigeminal nucleus	64	167	231	40	225	265	149	297	446	46	355	401	Mesencephalic trigeminal nucleus	231
Nucleus of the solitary tract commissural part	81	157	238	99	145	244	83	187	270	138	196	334	Lateral reticular nucleus parvocellular part	223
Nucleus of the solitary tract medial part	276	331	607	87	124	211	295	390	685	106	156	262	A1 noradrenergic cells	215
Dorsal raphe nucleus caudal part	1	78	79	45	163	208	4	83	87	47	185	232	Rostral ventral respiratory group	203
A2 noradrenergic cells	80	87	167	83	124	207	80	87	167	83	124	207	Lateral parabrachial nucleus internal part	201
Nucleus of Darkschewitsch	351	177	528	78	126	204	353	177	530	79	128	207	Substantia nigra reticular part	200
Inferior olive dorsal nucleus	195	155	350	31	168	199	284	226	510	150	374	524	Spinal trigeminal nucleus caudal part	198
Nucleus interfascicularis hypoglossi	1	8	9	104	91	195	1	8	9	104	91	195	Spinal trigeminal nucleus interpolar part	195
Dorsolateral periaqueductal gray	110	161	271	71	118	189	113	163	276	317	302	619	Intermediate gray layer of the superior colliculus	194
Paramedian reticular nucleus	31	50	81	75	113	188	31	50	81	75	113	188	A5 noradrenaline cells	186
Area postrema	48	78	126	40	135	175	57	95	152	40	141	181	Prepositus nucleus	184
Pontine raphe nucleus	18	52	70	35	135	170	18	53	71	37	138	175	Supratrigeminal nucleus	177
Lateral periaqueductal gray	399	502	901	70	98	168	406	506	912	77	104	181	Interpeduncular nucleus	174
Barringtons nucleus	90	162	252	32	126	158	90	163	253	34	129	163	Spinal trigeminal nucleus oral part	172
Interpeduncular nucleus	26	148	174	43	112	155	148	461	609	86	242	328	A2 noradrenergic cells	167
C1 adrenaline cells	19	23	42	45	109	154	19	24	43	47	125	172	Lateral reticular nucleus subtrigeminal part	143
Retroambiguus nucleus	21	20	41	49	104	153	21	20	41	50	108	158	Gigantocellular reticular nucleus alpha part	141
Parapyramidal nucleus	18	33	51	25	125	150	18	36	54	26	134	160	Central nucleus of the inferior colliculus	140
Retrorubral nucleus	6	59	65	27	119	146	25	125	150	31	123	154	Superior vestibular nucleus	135
C2 adrenaline cells	10	13	23	60	84	144	10	13	23	60	84	144	Caudal ventrolateral medulla lateral part	131
Medullary reticular nucleus ventral part	18	36	54	55	87	142	18	36	54	55	87	142	Area postrema	126
Rostroventrolateral reticular nucleus	45	32	77	70	69	139	54	44	98	83	79	162	Substantia nigra lateral part	125
Ventral tegmental nucleus	129	127	256	33	105	138	129	128	257	33	135	168	Prerubral field	124
Intermediate gray layer of the superior colliculus	109	85	194	107	26	133	115	103	218	108	27	135	Superior salivatory nucleus	121
Substantia nigra lateral part	29	96	125	34	98	132	29	101	130	38	104	142	Inferior salivatory nucleus	116
Dorsal paragigantocellular nucleus	21	39	60	31	97	128	21	39	60	33	105	138	Nucleus of the solitary tract intermediate part	107

Lateral parabrachial nucleus external part	4	67	71	43	85	128	43	126	169	45	113	158	Dorsal cortex of the inferior colliculus	102
External cuneate nucleus	11	72	83	54	73	127	11	81	92	57	84	141	Lateral parabrachial nucleus dorsal part	98
Nucleus of the solitary tract intermediate part	42	65	107	41	84	125	43	107	150	53	105	158	Interfascicular nucleus	97
Nucleus of the solitary tract ventrolateral part	14	44	58	31	93	124	15	49	64	39	95	134	Raphe obscurus nucleus	95
Caudal linear nucleus of the raphe	1	43	44	16	99	115	1	48	49	16	100	116	Medial vestibular nucleus magnocellular part	95
Gracile nucleus principal part	48	285	333	48	64	112	48	285	333	48	64	112	Facial nucleus lateral subnucleus	93
Inferior olive cap of Kooy of the medial nucleus	3	4	7	58	51	109	10	9	19	71	75	146	Dorsal raphe nucleus lateral wing	90
Rostral ventral respiratory group	120	83	203	57	51	108	143	86	229	58	51	109	Central gray pons part	86
Rostral linear nucleus of the raphe	18	52	70	8	97	105	18	52	70	8	97	105	Peripeduncular nucleus	84
Pontine reticular nucleus ventral part	17	20	37	36	68	104	20	21	41	36	68	104	External cuneate nucleus	83
Pretectal region	315	88	403	30	74	104	797	339	1136	138	244	382	Paramedian reticular nucleus	81
C3 adrenaline cells	8	13	21	22	78	100	8	13	21	22	78	100	Gigantocellular reticular nucleus ventral part	80
Peripeduncular nucleus	17	67	84	13	86	99	25	88	113	19	99	118	Dorsal raphe nucleus caudal part	79
Inferior olive beta subnucleus	18	13	31	44	49	93	18	14	32	67	58	125	Deep gray layer of the superior colliculus	79
Nucleus of the posterior commissure	17	36	53	45	48	93	17	36	53	49	51	100	Rostrovventrolateral reticular nucleus	77
Lateral parabrachial nucleus dorsal part	64	34	98	39	53	92	64	34	98	39	53	92	Boetzinger complex	76
Red nucleus magnocellular part	12	12	24	34	57	91	15	27	42	127	62	189	Lateral parabrachial nucleus external part	71
Boetzinger complex	41	35	76	8	79	87	42	36	78	8	79	87	Dorsomedial periaqueductal gray	71
Lateral parabrachial nucleus ventral part	10	20	30	32	54	86	10	27	37	32	56	88	Medial vestibular nucleus parvicellular part	71
Central gray pons part	24	62	86	28	57	85	26	67	93	45	110	155	Parasolitary nucleus	71
Supratrigeminal nucleus	56	121	177	39	46	85	58	137	195	49	56	105	Pontine raphe nucleus	70
Central nucleus of the inferior colliculus	74	66	140	50	33	83	148	87	235	90	59	149	Rostral linear nucleus of the raphe	70
Interfascicular nucleus	16	81	97	11	69	80	19	85	104	11	70	81	Optic nerve layer of the superior colliculus	69
Nucleus of the solitary tract lateral part	266	297	563	30	49	79	267	307	574	44	56	100	Retrorubral nucleus	65
Paratrigeminal nucleus	10	55	65	28	51	79	10	59	69	32	56	88	Paratrigeminal nucleus	65
Dorsomedial periaqueductal gray	35	36	71	33	45	78	36	36	72	37	49	86	Ventral tegmental area rostral part	64
Inferior olive ventrolateral protrusion	18	8	26	32	45	77	18	9	27	36	83	119	Paranigral nucleus	62
Nucleus of the solitary tract ventral part	6	29	35	16	60	76	6	31	37	16	61	77	Lateral superior olive	62
Parabrachial pigmented nucleus	3	32	35	7	69	76	5	38	43	7	76	83	Medial longitudinal fasciculus	61
Dorsal raphe nucleus lateral wing	10	80	90	19	56	75	14	87	101	19	73	92	Dorsal paragigantocellular nucleus	60
Dorsal raphe nucleus dorsal part	2	7	9	13	61	74	12	18	30	13	82	95	Nucleus of the solitary tract ventrolateral part	58
Nucleus of Roller	12	21	33	14	57	71	12	21	33	14	57	71	Medullary reticular nucleus ventral part	54
Dorsal raphe nucleus ventral part	2	18	20	10	58	68	2	20	22	10	78	88	Nucleus X	54
Olivary pretectal nucleus	14	27	41	33	33	66	19	37	56	34	34	68	Nucleus of the posterior commissure	53
Lateral reticular nucleus parvicellular part	67	156	223	28	36	64	67	156	223	35	42	77	Nucleus Y	53
Lateral reticular nucleus subtrigeminal part	66	77	143	28	36	64	66	77	143	31	40	71	Parapyramidal nucleus	51
Lateral parabrachial nucleus crescent part	13	17	30	33	29	62	14	17	31	33	29	62	Facial nucleus dorsal intermediate subnucleus	51
Dorsal nucleus of the lateral lemniscus	14	5	19	35	23	58	16	5	21	38	24	62	Medial paralemniscal nucleus	48
Paranigral nucleus	8	54	62	7	51	58	8	54	62	7	63	70	Nucleus of the solitary tract dorsomedial part	47
Subcoeruleus nucleus dorsal part	25	13	38	10	46	56	25	13	38	10	46	56	Intermediate white layer of the superior colliculus	47
Ambiguus nucleus compact part	3	17	20	13	40	53	4	18	22	13	53	66	Facial nucleus dorsolateral subnucleus	47
Deep gray layer of the superior colliculus	31	48	79	19	29	48	48	66	114	22	34	56	Superior paraolivary nucleus	46
Medial vestibular nucleus parvicellular part	34	37	71	25	23	48	36	52	88	25	43	68	Nucleus of the solitary tract interstitial part	45
Paramedian raphe nucleus	2	20	22	11	36	47	2	20	22	11	36	47	Lateral parabrachial nucleus central part	45
Dorsal cortex of the inferior colliculus	42	60	102	19	26	45	102	156	258	21	26	47	Caudal linear nucleus of the raphe	44
Medial longitudinal fasciculus	29	32	61	11	34	45	29	35	64	15	38	53	Peritrigeminal zone	44
Supragenual nucleus	25	16	41	28	16	44	25	16	41	28	16	44	C1 adrenaline cells	42
Caudovernal reticular nucleus	1	8	9	20	22	42	1	8	9	20	22	42	Dorsomedial tegmental area	42
Parvicellular reticular nucleus alpha part	16	20	36	17	25	42	16	20	36	17	25	42	Red nucleus parvicellular part	42
Nucleus Y	10	43	53	18	23	41	10	47	57	18	30	48	Superficial gray layer of the superior colliculus	42
Caudal ventrolateral medulla lateral part	56	75	131	20	20	40	56	75	131	20	20	40	Spinal trigeminal tract	42
Inferior olive subnucleus C of medial nucleus	2	2	4	14	26	40	2	3	5	18	32	50	Retroambiguus nucleus	41
Substantia nigra compact part dorsal tier	3	16	19	3	37	40	9	22	31	6	45	51	Olivary pretectal nucleus	41
Nucleus of the solitary tract interstitial part	12	33	45	18	21	39	13	45	58	21	27	48	Supragenual nucleus	41
Subpeduncular tegmental nucleus	11	10	21	8	31	39	11	10	21	8	31	39	Solitary tract	41

Parabigeminal nucleus	14	18	32	19	19	38	22	19	41	23	23	46	Lateral parabrachial nucleus superior part	40
Optic nerve layer of the superior colliculus	21	48	69	15	21	36	28	59	87	16	21	37	Subcoeruleus nucleus dorsal part	38
Superior paraolivary nucleus	27	19	46	20	16	36	28	20	48	38	21	59	Pontine reticular nucleus ventral part	37
Ventral nucleus of the lateral lemniscus	15	3	18	22	13	35	15	4	19	22	13	35	Medial superior olive	37
Dorsomedial tegmental area	20	22	42	5	29	34	20	22	42	5	29	34	Parvicellular reticular nucleus alpha part	36
Subcoeruleus nucleus ventral part	16	18	34	13	20	33	16	18	34	13	20	33	A7 noradrenaline cells	35
Substantia nigra compact part ventral tier	2	8	10	0	33	33	2	8	10	0	56	56	Nucleus of the solitary tract ventral part	35
Lateral superior olive	28	34	62	16	14	30	30	35	65	24	30	54	Parabrachial pigmented nucleus	35
Red nucleus parvocellular part	17	25	42	20	10	30	18	29	47	20	10	30	Subcoeruleus nucleus ventral part	34
Nucleus of the solitary tract dorsolateral part	6	17	23	10	19	29	6	17	23	16	19	35	Nucleus of Roller	33
Inferior olive subnucleus B of medial nucleus	1	0	1	11	16	27	1	0	1	13	18	31	Parabigeminal nucleus	32
Retrofacial nucleus	13	4	17	12	15	27	13	4	17	12	15	27	Nucleus of the trapezoid body	32
Deep white layer of the superior colliculus	11	8	19	11	15	26	18	9	27	11	15	26	Isthmic reticular formation	32
Lateral parabrachial nucleus central part	12	33	45	6	20	26	16	36	52	6	20	26	Inferior olive beta subnucleus	31
Lateral parabrachial nucleus internal part	61	140	201	4	22	26	61	140	201	4	22	26	Lateral parabrachial nucleus ventral part	30
Nucleus of the solitary tract central part	7	19	26	8	18	26	7	20	27	8	21	29	Lateral parabrachial nucleus crescent part	30
Superficial gray layer of the superior colliculus	5	37	42	7	19	26	5	48	53	11	25	36	Mesencephalic trigeminal tract	30
Matrix region of the medulla	4	1	5	13	12	25	4	1	5	13	12	25	Nucleus of the solitary tract gelatinous part	28
Pre Boetzinger complex	10	17	27	8	17	25	10	17	27	8	17	25	Pre Boetzinger complex	27
Inferior olive subnucleus A of medial nucleus	2	1	3	11	13	24	2	1	3	12	14	26	Dorsal tegmental nucleus central part	27
B9 serotonin cells	0	10	10	6	17	23	0	10	10	8	21	29	Inferior olive ventrolateral protrusion	26
Nucleus of the trapezoid body	14	18	32	13	10	23	40	43	83	62	49	111	Nucleus of the solitary tract central part	26
Parasolitary nucleus	40	31	71	1	22	23	40	38	78	1	24	25	Red nucleus magnocellular part	24
Ventral tegmental area rostral part	3	61	64	6	17	23	8	66	74	12	31	43	C2 adrenaline cells	23
Medial vestibular nucleus magnocellular part	44	51	95	7	15	22	44	51	95	9	17	26	Nucleus of the solitary tract dorsolateral part	23
Raphe interpositus nucleus	0	1	1	0	22	22	0	1	1	0	34	34	Paramedian raphe nucleus	22
Facial nucleus lateral subnucleus	62	31	93	12	9	21	62	31	93	12	18	30	Subcoeruleus nucleus alpha part	22
Lateral terminal nucleus of the accessory optic tract	5	15	20	7	14	21	5	15	20	7	14	21	Sagulum nucleus	22
Nucleus of the solitary tract gelatinous part	8	20	28	7	14	21	8	20	28	7	14	21	C3 adrenaline cells	21
Subcoeruleus nucleus alpha part	12	10	22	5	16	21	12	10	22	5	18	23	Subpeduncular tegmental nucleus	21
Commissural nucleus of the inferior colliculus	6	8	14	7	13	20	6	8	14	7	13	20	Glossopharyngeal nerve	21
Lateral paragigantocellular nucleus alpha part	8	8	16	7	11	18	8	8	16	7	11	18	Medial accessory oculomotor nucleus	21
Nucleus of the solitary tract dorsomedial part	17	30	47	7	11	18	17	31	48	7	11	18	Commissure of the superior colliculus	21
Principal sensory trigeminal nucleus ventrolateral part	8	7	15	10	8	18	10	7	17	10	9	19	Dorsal raphe nucleus ventral part	20
Inferior salivatory nucleus	56	60	116	1	16	17	56	60	116	1	16	17	Ambiguous nucleus compact part	20
Intercollicular nucleus	351	59	410	8	9	17	360	74	434	9	9	18	Lateral terminal nucleus of the accessory optic tract	20
Intermediate white layer of the superior colliculus	23	24	47	5	12	17	36	30	66	19	16	35	Precuneiform area	20
Spinal trigeminal tract	12	30	42	5	12	17	13	38	51	5	12	17	Dorsal nucleus of the lateral lemniscus	19
Superior salivatory nucleus	61	60	121	1	16	17	77	81	158	1	18	19	Substantia nigra compact part dorsal tier	19
Central gray alpha part	0	2	2	2	14	16	0	2	2	2	14	16	Deep white layer of the superior colliculus	19
Glossopharyngeal nerve	2	19	21	6	10	16	2	23	25	6	13	19	Ventral nucleus of the lateral lemniscus	18
Lateral parabrachial nucleus superior part	17	23	40	3	13	16	17	37	54	3	25	28	Perifacial zone	18
Peritrigeminal zone	15	29	44	8	8	16	15	29	44	8	9	17	Paratrochlear nucleus	18
Ambiguous nucleus loose part	2	7	9	1	14	15	2	7	9	1	15	16	Retrofacial nucleus	17
Nucleus X	20	34	54	3	12	15	20	34	54	3	12	15	Parabrachial nucleus	17
Cuneate nucleus medial part	0	12	12	4	10	14	0	12	12	4	11	15	Nucleus of the solitary tract rostromedial part	17
Cuneiforme nucleus dorsal part	0	0	0	5	9	14	0	0	0	5	9	14	Dorsal tegmental nucleus pericentral part	17
Rostral interstitial nucleus of medial longitudinal fasciculus	7	9	16	8	6	14	7	9	16	8	6	14	Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	17
Dorsal periolivary region	1	2	3	8	5	13	1	2	3	8	5	13	Sphenoid nucleus	17
Prerubral field	15	109	124	6	7	13	15	109	124	6	7	13	Lateral paragigantocellular nucleus alpha part	16
Medioventral periolivary nucleus	3	1	4	5	7	12	3	1	4	9	8	17	Rostral interstitial nucleus of medial longitudinal fasciculus	16
Cochlear root of the vestibulocochlear nerve	0	1	1	10	1	11	5	1	6	19	10	29	Fasciculus retroflexus	16
Intercalated nucleus of the medulla	2	4	6	0	11	11	2	4	6	0	11	11	Linear nucleus of the medulla	16
Medial paralemniscal nucleus	10	38	48	4	7	11	10	38	48	4	7	11	Principal sensory trigeminal nucleus ventrolateral part	15
Medial superior olive	18	19	37	5	6	11	18	19	37	6	6	12	Principal sensory trigeminal nucleus dorsomedial part	15



Perifacial zone	9	9	18	4	7	11	9	9	18	4	7	11	Pontine nucleus oralis	15
Intermediate nucleus of the lateral lemniscus	9	2	11	3	7	10	9	2	11	3	7	10	Commissural nucleus of the inferior colliculus	14
Principal sensory trigeminal nucleus dorsomedial part	4	11	15	8	2	10	4	11	15	8	2	10	Genu of the facial nerve	14
Brachium of the inferior colliculus	3	8	11	1	8	9	3	11	14	1	9	10	Posterodorsal tegmental nucleus	13
Parabrachial nucleus	7	10	17	4	5	9	7	10	17	4	5	9	Cuneate nucleus medial part	12
Pontine nucleus oralis	0	15	15	0	9	9	0	15	15	0	9	9	Intermediate nucleus of the lateral lemniscus	11
Dorsal tegmental nucleus central part	10	17	27	2	6	8	10	17	27	2	6	8	Brachium of the inferior colliculus	11
Genu of the facial nerve	7	7	14	4	4	8	9	7	16	4	4	8	Intermediate interstitial nucleus of the medial longitudinal fasciculus	11
Intermediate reticular nucleus alpha part	2	7	9	1	7	8	2	7	9	1	7	8	Substantia nigra compact part ventral tier	10
Isthmic reticular formation	8	24	32	3	5	8	8	24	32	3	5	8	B9 serotonin cells	10
Nucleus of the solitary tract rostralateral part	1	16	17	1	7	8	1	16	17	1	7	8	Nucleus interfascicularis hypoglossi	9
Accessory facial nucleus	1	6	7	1	6	7	1	6	7	1	6	7	Dorsal raphe nucleus dorsal part	9
Dorsal tegmental nucleus pericentral part	9	8	17	1	6	7	9	8	17	1	6	7	Caudovernal reticular nucleus	9
Facial nucleus ventromedial subnucleus	0	2	2	1	6	7	0	2	2	1	6	7	Ambiguous nucleus loose part	9
Sagulum nucleus	10	12	22	5	2	7	10	12	22	6	2	8	Intermediate reticular nucleus alpha part	9
Superior colliculus zonal layer	2	6	8	1	6	7	2	7	9	1	6	7	Dorsal cochlear nucleus superficial layer	9
Intermediate interstitial nucleus of the medial longitudinal fasciculus	6	5	11	4	2	6	6	5	11	4	2	6	Superior colliculus zonal layer	8
Laterovernal periolivary nucleus	0	2	2	1	5	6	0	2	2	1	5	6	Inferior olive cap of Kooy of the medial nucleus	7
Nucleus of the brachium of the inferior colliculus	6	11	17	2	4	6	6	11	17	2	4	6	Accessory facial nucleus	7
Sensory root of the trigeminal nerve	1	6	7	0	6	6	1	6	7	0	6	6	Sensory root of the trigeminal nerve	7
Solitary tract	12	29	41	0	6	6	12	29	41	0	6	6	Nucleus of origin of efferents of the vestibular nerve	7
Dorsal cochlear nucleus superficial layer	1	8	9	2	3	5	1	8	9	3	3	6	Intercalated nucleus of the medulla	6
Medial accessory oculomotor nucleus	8	13	21	2	3	5	8	13	21	2	3	5	Decussatio of the superior cerebellar peduncle	6
Nucleus of origin of efferents of the vestibular nerve	6	1	7	2	3	5	6	1	7	2	7	9	Matrix region of the medulla	5
Nucleus of the spinal accessory nerve	0	0	0	2	3	5	0	0	0	2	11	13	Paraabducens nucleus	5
Paraabducens nucleus	4	1	5	4	1	5	4	1	5	4	1	5	Dorsal cochlear nucleus fusiform layer	5
Subpostrema area	0	1	1	2	3	5	0	4	4	2	3	5	Motor root of the trigeminal nerve	5
Vestibulocerebellar nucleus	0	0	0	1	4	5	0	0	0	1	4	5	Anterior tegmental nucleus	5
Commissure of the inferior nucleus	2	2	4	1	3	4	5	6	11	1	5	6	Dorsal acoustic stria	5
Ventral cochlear nucleus anterior part	0	0	0	3	1	4	0	1	1	5	3	8	Inferior olive subnucleus C of medial nucleus	4
Commissure of the superior colliculus	3	18	21	0	3	3	3	18	21	0	3	3	Medioventral periolivary nucleus	4
Dorsal cochlear nucleus fusiform layer	4	1	5	3	0	3	6	1	7	4	0	4	Commissure of the inferior nucleus	4
Dorsal tegmental decussation	2	2	4	0	3	3	2	2	4	0	3	3	Dorsal tegmental decussation	4
Fasciculus retroflexus	0	16	16	1	2	3	0	16	16	1	2	3	External cortex of the inferior colliculus layer 2	4
Posterodorsal tegmental nucleus	2	11	13	0	3	3	2	11	13	0	3	3	Microcellular tegmental nucleus	4
External cortex of the inferior colliculus layer 2	2	2	4	0	2	2	2	2	4	0	2	2	Inferior olive subnucleus A of medial nucleus	3
Linear nucleus of the medulla	8	8	16	0	2	2	8	8	16	0	2	2	Dorsal periolivary region	3
Microcellular tegmental nucleus	1	3	4	1	1	2	1	3	4	1	1	2	Central gray alpha part	2
Motor root of the trigeminal nerve	0	5	5	1	1	2	0	5	5	1	1	2	Facial nucleus ventromedial subnucleus	2
Oculomotor nucleus parvicellular part	1	0	1	2	0	2	1	0	1	2	0	2	Laterovernal periolivary nucleus	2
Paratrochlear nucleus	9	9	18	1	1	2	9	9	18	1	1	2	Facial nucleus ventral intermediate subnucleus	2
Decussatio of the superior cerebellar peduncle	3	3	6	0	1	1	3	3	6	0	1	1	Inferior olive subnucleus B of medial nucleus	1
External cortex of the inferior colliculus layer 1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	Raphe interpositus nucleus	1
Facial nucleus dorsal intermediate subnucleus	39	12	51	0	1	1	39	12	51	0	1	1	Cochlear root of the vestibulocochlear nerve	1
Facial nucleus dorsolateral subnucleus	39	8	47	0	1	1	39	8	47	0	1	1	Subpostrema area	1
Facial nucleus ventral intermediate subnucleus	1	1	2	0	1	1	1	2	3	0	1	1	Oculomotor nucleus parvicellular part	1
Mesencephalic trigeminal tract	9	21	30	0	1	1	9	21	30	0	2	2	External cortex of the inferior colliculus layer 1	1
Sphenoid nucleus	9	8	17	0	1	1	9	8	17	0	1	1	Vagus nerve or its root	1
Vagus nerve or its root	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	Dorsal cochlear nucleus deep core	1
Anterior tegmental nucleus	1	4	5	0	0	0	1	4	5	0	0	0	Facial nucleus dorsomedial subnucleus	1
Commissure of the lateral lemniscus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Nucleus O	1
Dorsal acoustic stria	3	2	5	0	0	0	3	2	5	0	0	0	Cuneiforme nucleus dorsal part	0
Dorsal cochlear nucleus deep core	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	Nucleus of the spinal accessory nerve	0
Dorsal raphe nucleus paramedian part	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Vestibulocerebellar nucleus	0
Facial nucleus dorsomedial subnucleus	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	Ventral cochlear nucleus anterior part	0

Nucleus medullae oblongatae centralis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	5	Commissure of the lateral lemniscus	0
Nucleus O	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	Dorsal raphe nucleus paramedian part	0
Nucleus of the central acoustic tract	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Nucleus medullae oblongatae centralis	0
Parachochlear glial substance	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Nucleus of the central acoustic tract	0
Precuneiform area	12	8	20	0	0	0	12	8	20	0	0	0	Parachochlear glial substance	0

**Tabelle 23:** Rangbildung von extrinsischen Regionen mit zahlreichen Efferenzen und Afferenzen zu BS-Regionen. Es wurden 3 Input-Ränge und 3 Output-Ränge pro BS-Region gebildet, jeweils für Efferenzen (Input) und Afferenzen (Output). Die Regionen wurden nach dem mittleren Rang der lokalen Parameter sortiert. Edges: Verbindungen. ROb (mittlerer Rang: 39,125 erhält 2 Verbindungen von RVLm\_R und sendet 3 Verbindungen nach IMLT6.

BS-Region	Input 1	Edges	Input 2	Edges	Input 3	Edges	Output 1	Edges	Output 2	Edges	Output 3	Edges	AvgRank
ROb_L	RVLm_R	2	PAGvlc_R	1	LHLZM_L	1	IMLT6_L	3	IMLT8_L	3	IMLT4_L	3	39,125
RMg_L	MPA_L	4	MPO_L	4	Ce_L	3	HYPO_L	3	LH_L	3	LPO_L	3	40,72917
MnR_L	MPA_L	5	LPO_L	5	VMH_L	4	HIPP_L	7	DM_L	6	MEnt_L	6	42,77083
PBnMe_L	Solroc_L	4	SolM_R	4	CeL_L	4	SI_L	5	Ce_L	4	PF_L	4	43,52083
LC_L	Pa_L	10	MPA_L	10	Arc_L	6	T_L	11	HIPP_L	10	CPu_L	10	43,79167
KF_L	IVN_L	2	SCL7C6_L	1	NRMC_L	1	Ph9C5_R	3	Ph9C3_L	3	Ph9C4_L	3	43,89583
Sp5C_L	5Gn_L	10	LSuOrW_L	9	S2iaR_R	8	7M_L	15	7i_L	15	PBDL_L	12	44,16667
PnO_L	HAB_L	4	PFV_L	3	PV_L	2	SCL9S3_L	4	IMLL6_L	4	SCL9L4_L	4	44,22917
PPTg_L	ZI_L	5	LH_L	5	LDTg_L	4	BAF_L	8	ZI_L	8	STh_L	7	44,41667
VLPAG_L	PrLL5_L	5	ILL6_L	5	PrLL6_L	5	RVLm_L	4	Arc_L	3	LH_R	3	44,8125
EW_L	OPT_R	3	CERlc_R	2	SCL3S1_R	1	PV_L	2	MES_L	2	7_R	2	45,27083
RPa_L	MnPO_L	3	DA_L	3	MPA_L	3	SCLL3_L	2	SCLC2_L	2	SCLC8_L	2	45,35417
PNC_L	AGm_R	4	AGm_L	4	Med_L	3	7M_L	2	L1_R	2	M_L	2	45,39583
SuVe_L	NODa_L	6	MedmC_L	6	DRdm_L	5	SuVe_R	4	NODa_L	4	Y_R	3	45,58333
SolC_L	Ce_L	6	SCL4C3_L	2	SCL5C4_L	2	Ce_L	2	IMML1_L	2	IMML6_L	2	46,54167
Sp5O_L	S1_R	6	S1rm_R	4	GICotC_R	4	PM_L	8	Crus2_L	7	Crus1_L	7	46,79167
PRT_L	ZI_L	9	LDTg_L	5	RET_R	4	LD_L	9	PF_L	6	LP_L	5	46,89583
LVe_L	DRdm_L	11	DRvmec_L	10	DRmLF_L	10	CS2_L	4	CS2_R	3	CS3_L	3	47,70833
Me5_L	IL_L	6	LH_L	6	PrL_L	5	I5_L	3	ialv_L	3	Mo5DL_L	3	47,79167
Sp5I_L	CS1_L	6	CS2_L	6	aemn_L	5	Po_L	12	ZI_L	10	ILN_L	10	48,64583
GiA_L	MnPOV_L	4	MnPOD_L	4	PAGvlc_R	1	LPGirf_L	3	SCL9T3_R	2	SCL9T2_L	2	48,95833
GiV_L	PVZ_R	1	PAGcL_L	1	viPRF_R	1	VHL4_L	2	IML_L	2	VHMES_L	2	49,125
LPAG_L	Ce_L	5	Ce_R	5	Cu_R	3	mSC_L	3	mSC_R	3	MVL_R	1	49,1875
Bar_L	SDComS1_L	1	SPSyS1_L	1	Solcame_L	1	LSSC_L	2	PGiR_L	1	SCLS4_L	1	49,29167
A5_L	PAGdlc_R	3	PAGdlr_R	3	VLPAG_R	3	SCL2L6_L	3	SCL5L3_R	3	SCL1L3_L	3	50,60417
Pr_L	PAGvlc_R	1	PAG_R	1	PNC_R	1	CeMR_L	2	Astrc_L	2	IVNi_R	1	50,75
RVRG_L	SolIM_R	3	SolVL_R	3	AP_R	3	RVRG_R	2	CERpin_L	1	NLL_R	1	50,75
10_L	Ce_L	9	BST_L	6	ICX_L	6	OrgsStomS_L	11	OrgsDuos_L	9	OrgsCecS_L	8	51,27083
SolM_L	sLn_L	6	CeM_L	5	Ce_L	4	AmbSeC_L	4	Mo5jcc_L	3	Ce_L	3	53,27083
A1_L	SPSyS1_L	1	SCL2L4_L	1	SCL3C8_R	1	PMvm_L	2	TuMgI_L	2	PMD_L	2	53,70833
LPBE_L	CeL_L	3	Pa_L	3	CeM_L	3	Pa_L	3	BST_L	3	CeM_L	3	55,25
SolVL_L	CeL_L	2	CeM_L	2	aorticn_L	1	LPAG_R	3	VLPAG_R	3	DoLaP_L	1	55,27083
SNR_L	STh_L	8	CPu_L	8	CPud_L	7	CPu_L	23	VM_L	10	CPur_L	10	55,5625
VTg_L	CMAM_L	2	NLL_R	1	Solcame_L	1	CMAM_L	4	LHA_L	4	DM_L	3	56,97917
RVL_L	LPPaC_L	2	SolC_R	2	RVL_R	2	RVL_R	3	MdV_R	2	RVLro_R	2	57,20833
DRlw_L	Ce_L	2	TuM_L	2	BST_L	2	Ce_L	3	LH_L	2	CPu_L	2	57,3125
Dk_L	OPT_R	3	SCL3S1_R	1	SCL10C1_R	1	PGiR_L	1	IMML2_R	1	CS6_R	1	57,47917
C1_L	Pa_L	2	LHLZM_L	1	PAG_R	1	VSol_L	4	DMHyA_L	3	T2_L	2	58,77083
SolL_L	sLn_L	4	OrgSoPa_L	2	sLn_R	2	Mo5jcc_L	2	10_R	2	I5_R	2	58,9375
DLPAG_L	SCL8C6_L	1	SCL5C6_R	1	ILCaL5_L	1	PV_L	3	RRF_L	3	VMH_L	3	59,97917

7L_L	PRNLC_R	1	PNC_R	1	SPTg_R	1	MuscBucc_R	1	MuscPeOra_L	1	7fn_R	1	60,20833
SolIM_L	sLn_L	7	Ce_L	6	MusciPC_L	5	Mo5jcc_L	3	Solro_L	3	Mo5joc_R	3	60,45833
PnR_L	pRNR_L	2	PHRo_L	1	LHLZM_L	1	MPA_L	2	MPA_R	2	izVHC1_L	2	60,47917
RR_L	AcbC_L	2	CeL_L	2	PSTh_L	2	7M_L	2	7M_R	2	CPu_R	2	60,66667
Tz_L	CON_R	4	Il_L	3	Au1_L	2	CO_L	8	CO_R	5	OrgEariST_L	4	62,375
SNL_L	HYPO_L	2	FS_L	2	A35_L	2	ICOL_R	4	AC_L	2	CPuc_L	2	62,91667
IP_L	MHb_L	18	LHb_L	15	NI_L	13	MS_L	9	DTg_R	9	LDTg_R	6	62,91667
RLi_L	JPVC_L	1	EXA_L	1	SI_L	1	AcbC_L	1	PV_L	1	TuOd_L	1	63,1875
InG_L	S1FR_L	2	CERL_R	2	S1_L	2	SCL5C6_R	1	PIL_L	1	SCL5T1_R	1	63,45833
MdV_L	LPPaC_L	1	CLTF_L	1	PNC_R	1	SCLC4_R	1	MVL_R	1	T10_L	1	64,91667
SpVe_L	MedmC_L	5	MedCM_L	5	UVUaS_L	4	RVLM_L	5	RVLM_R	3	UVUbS_L	2	64,91667
AP_L	pRNR_L	3	VNT_R	2	ZI_R	2	Pa_L	3	SO_L	2	vd_L	1	65,3125
CIC_L	DLL_R	7	DC_R	4	CIC_R	4	SPO_R	4	DCIC_R	4	CICC_R	3	65,70833
SPO_L	SPFp_L	2	SPFp_R	2	SPFm_R	1	CIC_R	5	ICOL_R	3	CICV_R	2	65,79167
LSO_L	VNTB_R	3	AVCONv_L	1	AU_L	1	CO_L	12	CO_R	3	ICOL_R	3	65,875
SubCD_L	PAGvic_R	1	SolroV_L	1	GiA_R	1	PV_L	1	BL_L	1	VMH_L	1	67,3125
IOD_L	ICN_R	6	CERcndL_R	6	AINL_R	5	PM_L	6	CERL4_L	4	C1ZO_R	4	67,4375
CLi_L	Por_L	1	RFm_L	1	SI_L	1	AcbC_L	1	NLL_R	1	Por_L	1	67,54167
MSO_L	CICR_R	1	AVCONv_L	1	Tev_L	1	OrgEariST_R	1	OrgCorti_L	1	SuOLiC_L	1	68,25
DPGi_L	vIPRF_R	1	MdDd_L	1	PeFCL_R	1	vd_L	1	PIL_L	1	IMLF_L	1	68,54167
Su5_L	5GnS_L	3	5GnCOM_L	3	5GnMaEm_L	3	VB_R	2	VPM_R	2	12SMM_R	1	69,47917
SolRL_L	5Gn_L	1	Pr5i_L	1	OrgOChp_L	1	sucepLt_L	1	Pr5Db_L	1	PBCeL_L	1	69,83333
DRC_L	LHbL_L	2	LHbL_R	2	Ce_L	2	LS_L	3	Ce_L	3	V1_R	3	69,97917
Bo_L	Sp5ncR_R	1	rmTGA_L	1	SubCDV_L	1	RTN_L	1	Ph9C3_R	1	Ph9C4_L	1	70,52083
DLL_L	DLL_R	3	AVCONv_L	1	DC_R	1	CIC_R	4	RPOL_L	1	ICOLCV_L	1	71,29167
A2_L	SCL2C8_L	1	SCL3C2_R	1	SCL2L4_L	1	AcbC_L	1	PaMagP_R	1	SOsur_L	1	71,33333
DMPAG_L	VACC_L	1	PVZ_R	1	PrLc_L	1	MAS_R	3	MAS_L	3	CVLP_L	2	71,375
mIf_L	IL_L	2	IVN_L	1	PNC_R	1	FI_L	2	FI_R	2	AV_L	1	71,625
DRD_L	RMTg_L	2	BST_L	2	isRT_R	1	Ce_L	3	IL_L	3	BL_L	2	72,02083
RI_L	PSMi_R	1	SRD_L	1	AGm_L	1	PGi_R	1	ZIC_R	1	ZIC_L	1	72,60417
DCIC_L	Au1cv_L	12	Au1av_L	9	Au1MVC_L	8	DCICmLL2_R	2	PIL_L	1	RTCL_R	1	72,83333
VLL_L	AVCONv_L	1	CON_R	1	MG_L	1	MGM_L	1	7M_L	1	7DL_R	1	72,89583
Pr5DM_L	MuscJawMneuro_R	1	5Gn_L	1	MuscMass_L	1	VB_R	1	VPM_L	1	PCRt_R	1	73,02083
PCom_L	PHRo_L	1	LHLZM_L	1	RSA_L	1	IMML2_R	1	CS6_R	1	PAG_R	1	73,27083
PPy_L	LPPaC_L	1	CLTF_L	1	DPAGC2_L	1	12S_L	2	VReG_L	2	SCL2C8_L	1	73,9375
IF_L	NIId_L	3	NIId_R	3	EXA_L	1	LSr_L	2	AcbM_L	1	AcbCM_L	1	74,3125
CGP_L	RSA_L	2	DRr_L	2	LH_L	2	ATN_L	5	ATN_R	5	VB_L	3	74,625
C2_L	CeL_R	1	PeFCL_L	1	LHd_R	1	PMvm_R	1	Papv_L	1	PVHmpdo_L	1	76,35417
AmbC_L	OrgsTrasW_L	1	VReG_L	1	PAGcL_L	1	OrgsOesC_L	6	10Cerv_L	3	sLn_L	3	76,47917
RAmb_L	PaMMP_L	1	RVL_R	1	LPPaC_L	1	T10_L	2	VHC4_L	2	IMML2_R	1	76,875
9n_L	AmbR_L	2	CeCvC5_L	1	RFm_L	1	SolGuiM_L	1	Solro_L	1	SolD_L	1	76,91667
A7_L	VLPAG_R	2	RMg_R	1	GiA_R	1	SCL6C7_L	1	SCL3S1_R	1	CS6_R	1	77,25
PR_L	LSpL1_L	1	SCL1C4_L	1	CERLD_R	1	NRMC_L	1	PGi_R	1	PRN_R	1	77,39583
LPBD_L	SCL1T4_R	1	PaMagP_R	1	BL_L	1	DHC4_L	1	PAGRL_L	1	DHL1_R	1	78,6875

PSol_L	PrL_L	3	IL_L	3	VMH_L	1	T9_L	1	PV_L	1	IODmc_L	1	78,6875
PrBo_L	msVSMEO_L	1	PeFCL_L	1	DM_L	1	12Sprinmn_L	1	Ph9C5_L	1	T5_L	1	79,25
DMTg_L	APTca_R	1	NLL_R	1	PeFCL_L	1	PFL_L	1	CS5_L	1	VMc_L	1	79,27083
8cn_L	LC_R	2	VNTB_R	1	LCca_R	1	LPGi_R	2	PNC_R	2	SCd_R	2	80,54167
SolDL_L	aorticn_L	1	OrgsPeric_L	1	CeL_L	1	LPAG_R	3	VLPAG_R	3	MnPOD_R	1	81,625
MA3_L	CERL_R	1	Nlc_L	1	Med_L	1	IOMr_L	1	PRN_R	1	IOPr_L	1	81,85417
MVePC_L	NODa_L	4	UVUbS_L	3	UVUcS_L	3	CS2_L	4	CS3_L	4	UVUcS_L	3	82,10417
Soli_L	sLn_L	5	OrgPharU_L	3	OrgOCrT_L	2	RVLM_L	3	RTN_L	2	7c_L	2	82,6875
C3_L	CeL_L	1	Pa_L	1	PFxPAR_R	1	T9_L	1	T4_L	1	RRFm_R	1	83,52083
MPL_L	A35_L	1	MeObR_L	1	PIL_L	1	SPFme_R	1	SPFc_R	1	Arc_L	1	84,29167
Gr_L	SCL7C6_L	1	SCL6C7_L	1	IVN_L	1	IMML2_R	1	IOD_R	1	PIL_L	1	84,95833
SolCe_L	MEC_R	1	P_R	1	CeL_L	1	Ambppp_L	1	AmbR_L	1	SOA_L	1	85,33333
VTAR_L	DLOFC_L	1	AcbC_L	1	PAG_R	1	LS_L	3	AcbC_L	2	SNCrm_L	2	85,72917
MVeMC_L	CeCvC4_R	1	SCL7C2_R	1	T9_L	1	CS3_R	2	CS2_L	2	CS3_L	2	85,72917
OPT_L	RET_L	9	RET_R	4	OPT_R	2	VLGMC_L	1	PAG_R	1	VLGMC_R	1	85,875
LPBV_L	CeM_L	2	NRMC_L	1	BSTD_L	1	DHC4_L	1	PAGRL_L	1	DHL1_R	1	86,75
SGe_L	PAGvlc_R	1	PVZ_R	1	DTgVVM_L	1	CERL5_R	1	DTgVM_L	1	CERL4_L	1	86,89583
PP_L	S1JL_L	3	S1BF_L	2	HFMCx_R	2	CERLdl_R	3	CERLdl_L	3	LatPC_R	2	87,0625
PMn_L	CS6_R	1	vIPRF_R	1	Sa2_R	1	SCL9L3_L	1	IMML2_R	1	CS6_R	1	87,79167
RMC_L	ICN_L	4	AIN_L	3	CERL_R	2	CPu_L	2	SCL7C6_L	1	SCL6C7_L	1	87,875
ILL_L	AVCONv_L	1	PRhc_L	1	PVCON_R	1	cop_L	1	SuOLic_L	1	ICOLCV_L	1	88,10417
DpG_L	RcAGm_L	4	ccAGm_L	4	S1FR_L	4	JPVC_L	1	PIL_L	1	7M_L	1	88,20833
SolDM_L	Ce_L	2	SCL1C7_R	1	SCL2C8_L	1	MVL_R	1	CVRG_L	1	PB_R	1	88,5
Pa5_L	ialv_L	2	aemn_L	2	Solcame_L	1	Solca_L	2	Solro_L	2	LRtr_L	2	89,22917
SNCD_L	TBMdm_R	4	TBMdm_L	4	TBMvl_R	4	Ce_L	2	CPu_L	2	BL_L	1	89,27083
InWh_L	SR_L	3	5SSC_R	2	RSAL2_L	1	MD_L	2	PFc_L	1	PNC_R	1	89,4375
DTgC_L	DM_L	1	LDTg_L	1	PHA_R	1	DTgVM_L	1	MeObR_L	1	LM_L	1	89,52083
PCRtA_L	MuscJawMneuro_R	1	PsLdn_R	1	PeFCL_L	1	I5_R	1	12SMM_R	1	12SC_R	1	90,58333
PN_L	AcbC_L	1	EXA_L	1	VMH_L	1	AcbM_L	3	Acl_L	3	DBB_L	2	92,9375
ROC_L	CERL_R	2	S1BFcdysL6_L	2	S1pdyL5_L	2	MES_L	1	L5_R	1	L1_R	1	93,22917
DpWh_L	5SSC_R	2	GrVtt_R	2	Gra_R	2	7DI_R	1	Pr5cmp_R	1	7i_L	1	93,52083
IRtA_L	DRF_R	1	Pa_L	1	HYPO_L	1	CaBo_L	1	Ambno_L	1	AmbR_L	1	93,60417
CVL_L	FMCx_L	1	HMCx_L	1	PaMP_L	1	VM_R	1	MPA_L	1	VMH_L	1	94,64583
SPTg_L	PeFCL_L	1	PVZ_R	1	DM_L	1	PFL_L	1	VMc_L	1	CERL4_L	1	95,875
LPBS_L	SCL1C7_R	1	SCL7C6_L	1	SCL7C7_L	1	VMH_L	2	Pa_L	2	AVPV2_L	1	96
Pr5VL_L	PB_R	2	VB_L	1	DPAG_R	1	SNC_R	1	RRFm_R	1	LHA_R	1	96,29167
IOVL_L	MedDL_R	1	ICNMC_R	1	CERL_R	1	FI_L	5	PFlv_L	5	LatPC_R	3	96,66667
SuG_L	RETg_L	4	V1_L	3	V2ML5_L	2	LP_L	3	DLGI_L	2	LP_R	2	98,10417
InCo_L	AuD_R	3	Au2R_L	3	AuD_L	3	PAG_R	1	DCICmLL2_R	1	CauT_L	1	98,25
PMnR_L	Nlc_L	1	LHbAM_L	1	LHbL_L	1	RMg_R	1	Gia_R	1	PFL_L	1	98,52083
LPBC_L	Fu_L	1	OrgOCA_R	1	DHC4_L	1	Ph9C5_L	1	AVPV2_L	1	Ph9C3_L	1	98,6875
IOBe_L	FMCx_L	1	MedDL_R	1	ICNMC_R	1	CERL10La_R	5	CERL10mC_R	5	CERL10imM_R	5	99,02083
LRtPC_L	VHSA2_R	1	VHT9_R	1	SCL7C6_L	1	CERL4_L	2	CERL8_L	2	CERL8_R	2	99,04167
CVLMI_L	PAG_R	1	SCL5C6_R	1	SCL4C7_L	1	SCL1C7_R	1	SCL5C6_R	1	SCL4C4_R	1	99,3125

RFN_L	SubC_R	1	AmbR_L	1	SolL_R	1	OrgiPTC_L	1	AmbR_L	1	AmbR_R	1	99,5
csc_L	ICOLCV_L	1	LC_R	1	RCeICOL_L	1	ICOLCV_L	1	RCeICOL_L	1			99,77083
SubCV_L	PAGvlc_R	1	CeM_R	1	PeFCL_L	1	SPSyS1_L	1	Mo5jcc_R	1	Mo5jcc_L	1	100,125
DRV_L	BST_L	2	LHb_L	1	LO_L	1	Ce_L	3	CPu_L	3	BL_L	2	100,125
LTeN_L	RET_R	1	RET_L	1	VLG_R	1	CERL9_L	1	OT_L	1	VLG_R	1	100,8333
PBP_L	RMTg_L	2	RMTg_R	2	PPN_L	2	DBB_L	2	Ac_L	2	Acl_L	2	100,875
SuS_L	Pa_L	4	Pa_R	3	RVLM_L	2	AutoPpG_L	3	AutoParGPT_L	1	OrgsOesC_L	1	101,5208
SNCV_L	TBMdm_R	1	CPuv_L	1	Ac_L	1	SPC_L	2	VM_L	2	MGP_L	2	101,7917
7DL_L	PRNLC_R	1	PNC_R	1	Sp5OLD_R	1							102,1458
IOK_L	Pr_R	3	MVeM_L	2	MVeM_R	2	CERL10La_R	4	CERL10imM_R	4	Fl_L	4	103,0625
LPBCr_L	SCL1C7_R	1	SCL7C6_L	1	SCL7C7_L	1	DHC4_L	1	DHT13_L	1	DHL1_R	1	103,2292
Op_L	Sp5O_R	3	VIL5_L	3	V2ML5_L	2	LP_R	2	MGM_L	1	InC_L	1	103,4375
Pa6_L	SC_R	1	LDTg_L	1	Pr_R	1	SC_R	1	Pr_R	1	PRN_R	1	103,5
SolV_L	CeL_L	2	CeM_L	2	IVN_L	1	T4_L	1	AmbR_L	1	RTN_L	1	104,1042
bic_L	Au1Ce_L	3	CSEgEd_R	1	PHA_L	1	PGi_R	1	ICOLCV_L	1	MG_L	1	104,2708
Y_L	UVUcS_L	2	NODa_L	2	UVUaS_L	2	UVUcS_L	2	NODa_L	2	UVUaS_L	2	104,5
P7_L	PeFCL_L	1	LHd_R	1	PeFCL_R	1	CO_L	1	MAS_R	1	MAS_L	1	104,8542
PBG_L	PAGdlc_R	2	MT_R	2	PAGvlc_R	1	SC_R	4	RCh_L	3	CeM_L	2	105,0833
Il_L	VLTg_L	1	PRN_R	1	6_L	1	MT_L	1	VLTg_L	1	VLTg_R	1	105,5833
PnV_L	NRMCL_L	1	NLL_R	1	PeFCL_L	1	T9_L	1	T4_L	1	L5_R	1	105,8125
Sag_L	PeFCL_L	1	PeFCL_R	1	GPc_L	1	NLLR_L	1	ECIC_R	1	SC_R	1	106,9792
DCFu_L	Cu_R	2	ECu_R	2	Au1_L	1	CON_R	1	CIC_R	1	ICOL_R	1	107,5208
AmbL_L	OrgWLary_L	1	SOCG_L	1	PCRt_R	1	AutoVsn_L	2	MuscPCA_L	1	OrgsOesC_L	1	107,7708
SolG_L	Pe_L	1	Pe_R	1	OrgsDuos_L	1	RTN_L	1	TMZ_R	1	AutoNoG_L	1	108,0833
MiTg_L	LDTg_L	1	RVRG_R	1	TC_L	1	PAGR_L	1	RVRG_R	1			108,1042
RIP_L							DCeN_L	1	PFL_L	1	CERpin_L	1	108,1667
MVPO_L	VLTg_L	1	CON_R	1	PVCON_R	1	DC_R	2	Cistcm_L	2	SuOLiC_L	1	108,2083
cic_L	CONim_L	1	SOCILL_R	1	AVC_R	1	RPO_L	1	DCIC_R	1	llvhv_L	1	108,5
P5_L	SolroV_L	1	PeFCL_L	1	DM_L	1	I5_L	2	I5_R	1	Mo5VM_L	1	108,5625
BIC_L	MGM_L	1	SG_L	1	DM_L	1	ECIC_R	1	CnFm_L	1	aPavPo_L	1	108,8125
7DI_L	SCL_R	1	KF_R	1	PBveLa_R	1	npm_L	1					109,2083
Ro_L	InC_L	1	DM_L	1	clc2a_L	1	T9_L	1	T4_L	1	T10_L	1	109,3125
LPBI_L	SCL7C6_L	1	SCL6C7_L	1	SCL8C6_L	1	SI_L	1	CauT_L	1	VPPC_L	1	110,125
PDTg_L	TS_R	1	SFi_L	1	TuMP_L	1	SOnP_L	1	AcbC_L	1			111,6042
sp5_L	5Gn_L	2	CS6_R	1	CS7_L	1	5Gn_L	1	DMHp_L	1	RET_L	1	112,625
LVPO_L	VLTg_L	1	VCgbc_L	1			VLTg_L	1	CO_L	1	SuOLiC_L	1	113,1458
Acs7_L	7fnp_L	1	PBeDL_L	1	MuscMass_L	1	MuscST_L	1	OrgsOesC_L	1	MuscPDig_L	1	113,4792
B9_L	VLPOr_L	1	AGm_L	1	DM_L	1	RtV_L	3	V1_R	2	V1_L	2	113,8958
IS_L	Solcame_L	1	IRtD_L	1	VMH_L	1	CaBo_L	1	9Sr_L	1	OrgsOesC_L	1	114,6875
g7_L	MVe_R	2	VNTBrc_R	1	CS6_R	1	CO_L	1	CERL9_L	1	Fl_L	1	116,3125
fr_L	BSTpr_L	1	VMH_L	1	CGMvm_L	1	RMTg_L	1	IP_R	1			117
LRtS5_L	VHSa2_R	1	VHL4_R	1	DHL1_R	1	CERLdl_R	1	PAG_R	1	MedCM_R	1	117,3542
DPO_L	PVCON_L	1	VLTg_L	1	VLTg_R	1	OrgEariST_L	1	CO_R	1	OrgEariST_L	1	117,8125
7VM_L	7fnp_L	1					7fnc_L	1	7fnpa_L	1	7fn_L	1	118,2083

EVe_L	g7_R	1	PCRT_R	1	SuVe_R	1	CrisVHC_L	2	MacVHC_L	2	8n_L	1	118,875
Mx_L	S1BFcdysL5_R	1	S1pdyL5_R	1	S1pdyL6_R	1	CS7_L	1	CS6_R	1	CS5_L	1	119,4792
sol_L	PeFCL_L	1	LHd_R	1	12S_L	1	PBeDL_L	1	PBD_L	1			119,6667
SubCA_L	PAGvlc_R	1	PeFCL_L	1	PVZ_R	1	T5_L	1	T9_L	1	T7_L	1	120,8958
ECu_L	PNSgo_L	2	DRGL2_L	2	DRGL4_L	2	CERL8_L	4	CERL3_L	3	CERL4_L	3	120,9583
DCDp_L	DRGC2_L	1											122,2292
m5_L	I5_L	1	5GnMa_L	1	MuscMass_L	1	PGi_R	1					122,3333
10n_L													123,0208
CnFD_L							mtSC_L	1	CEC_L	1	PNC_R	1	124,2292
xscp_L	IVN_L	1	LVe_R	1	SuVe_R	1							125,3333
SubP_L	Pa_L	2	PLHY_L	1	IPFC_L	1	7c_L	1	PRVRG_R	1	RTN_L	1	126,875
S5_L	AI_R	1	AI_L	1		1	5SSCL5_L	1	5SSC_L	1	5SSCL1_L	1	132,8958
LPBGiA_L	DM_R	1	DMHy_L	1	PeFCL_L	1	IMlp_L	1	VHL4_R	1	DHL6_R	1	133,0417
IOA_L	EW_R	1	S1HL_L	1	MedR_R	1	LVERM_L	2	LVERM_R	2	CERL8C2_L	1	134,125
IOB_L	EW_R	1					LVERM_L	1	CERL6_L	1	Crus2aP-5a_R	1	134,125
IOC_L	EW_R	1	S1FL_L	1	FMCx_L	1	CERL6_R	3	CERL9_L	2	CERL8_L	2	134,5625
Com_L	9n_R	1	JPVC_L	1	OrgsOesC_L	1	PHA_L	1	LHA_R	1	MPA_L	1	134,9792
3PC_L							RVLM_R	1	PRN_R	1			137,25
7DM_L	PNC_R	1											137,75
CGA_L	TC_L	1	LH_L	1			ZIm_L	1	Por_L	1	DM_L	1	137,9792
PaR_L	CERL_R	1	CFMA_L	1	ZIV_L	1	SCLL2_R	1	SCLL1_R	1	CVMeO_R	1	137,9792
ATg_L	PFx_L	1	VTA_R	1	DMDM_L	1							137,9792
Pa4_L	PeFCL_L	1	DM_L	1	PRN_R	1	LDTg_L	1					138,3542
cll_L													138,5
PCGS_L													138,5417
7VI_L	GirL_L	1	InG_R	1	pRNR_L	1	MuscPlap_L	1					138,5625
Li_L	PeFCL_L	1	PeFCL_R	1	PFxPAR_R	1	CEXA_L	1	BSTLD_L	1			138,5833
MdDc_L							DpMe_L	1	DpMeM_R	1	DpMe_R	1	138,75
In_L	NRMC_L	1	Sol_R	1	Ce_L	1	MTN_L	1	Arc_L	1	DM_L	1	139,5208
PnOr_L	pRNR_L	1					CS7_L	1	CS5_L	1	CS2_L	1	139,625
me5_L	LHd_R	1	PFxPAR_R	1	LHAvp_R	1							139,9167
DCNsL_L	VCNsLmc_L	1	VCNsLsn_L	1	VCNsLcc_L	1	CIC_R	1					140,5625
X_L	Div_L	1	Par1G_R	1	MES_L	1	VPLM_L	1	VB_L	1	PFC_L	1	140,9167
ECICL2_L	CIC_R	1	Au1AD_L	1	CICVM_R	1	MGM_L	1	SG_L	1			141,1042
CuMED_L	uIn_L	1	T9_L	1	muscut_L	1	IOD_R	1	Po_L	1	IOPr_L	1	141,4792
DTgP_L	PeFCL_L	1	LHd_R	1	PeFCL_R	1	PrL_L	1	SGe_R	1	IL_L	1	141,8333
VeCb_L							UVUbs_L	1	UVUcs_L	1	UVUas_L	1	142,8125
das_L	Cu_R	1	ECu_R	1									143,0625
O_L	LH_L	1											143,2083
DRpm_L													143,4583
VCA_L	CO_L	1					CON_R	1	PNC_R	1	vdcav_L	1	143,5
NIFH_L	F_L	1	PHD_R	1	PHD_L	1	IMMC6_R	1	SCLC4_R	1	SCLS4_L	1	144,4792
Neck_L							MuscCTz_L	4	MuscST_L	3	SAN_L	1	144,625
dtgx_L	SC_R	1	pd_L	1			SoRpnzd_L	1					144,9583

SCzo_L	RET_L	2	SC_R	1	VR_L	1	ASCI_L	1	SCsen_L	1	OrgEye_R	1	145,9792
isRT_L	PeFCL_L	1	PVZ_R	1	DM_L	1	mtSC_L	1	DRDc_R	1	InC_L	1	147,5625
PCnFa_L	MES_R	1	SuOLi_R	1	PeFCL_L	1							148,2708
NCAT_L													148,5833
ECICL1_L							PIL_L	1					149,1458
Sph_L	PeFCL_L	1	LHd_R	1	PeFCL_R	1							149,4167



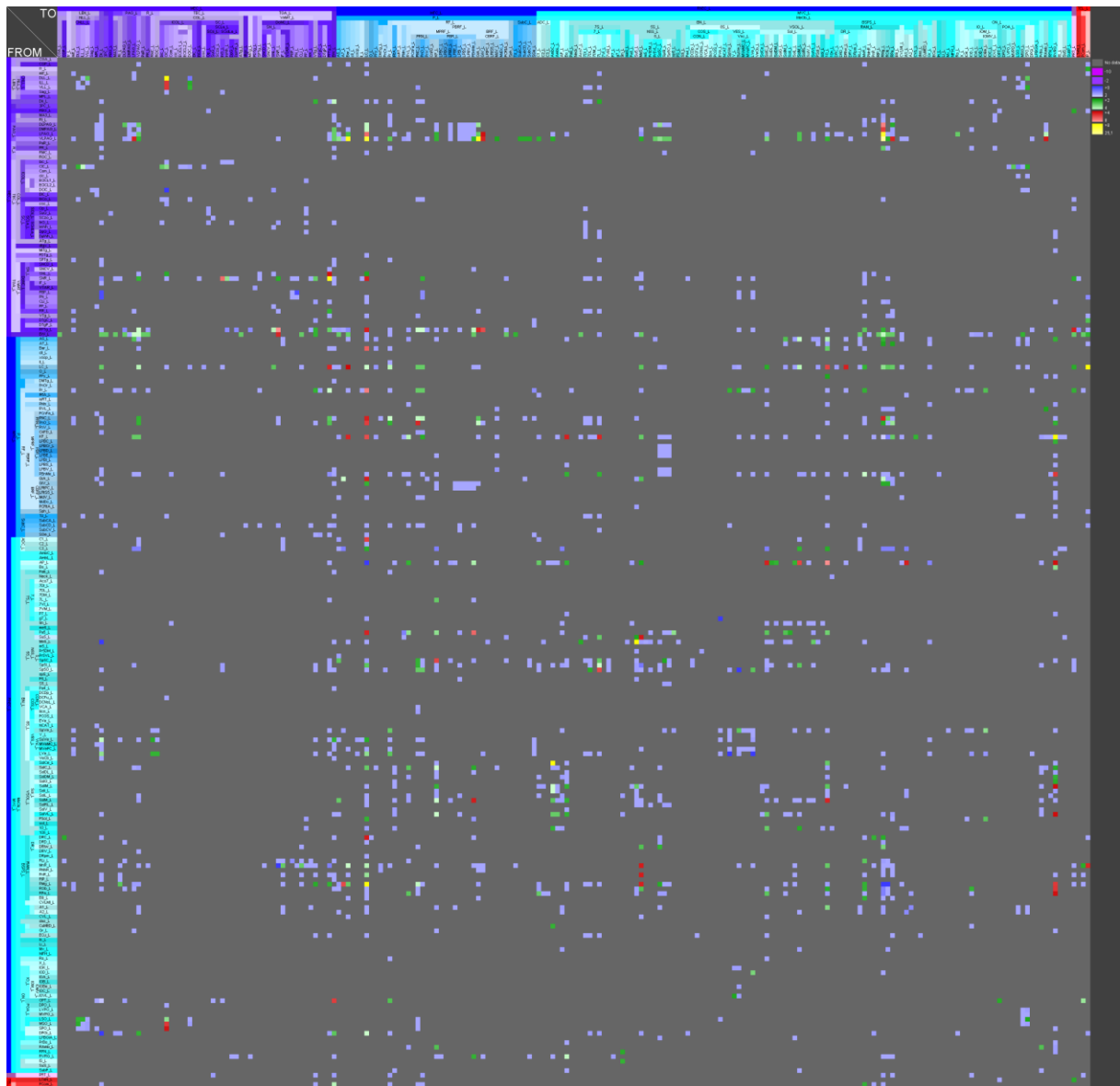
## 7 Bildanhang



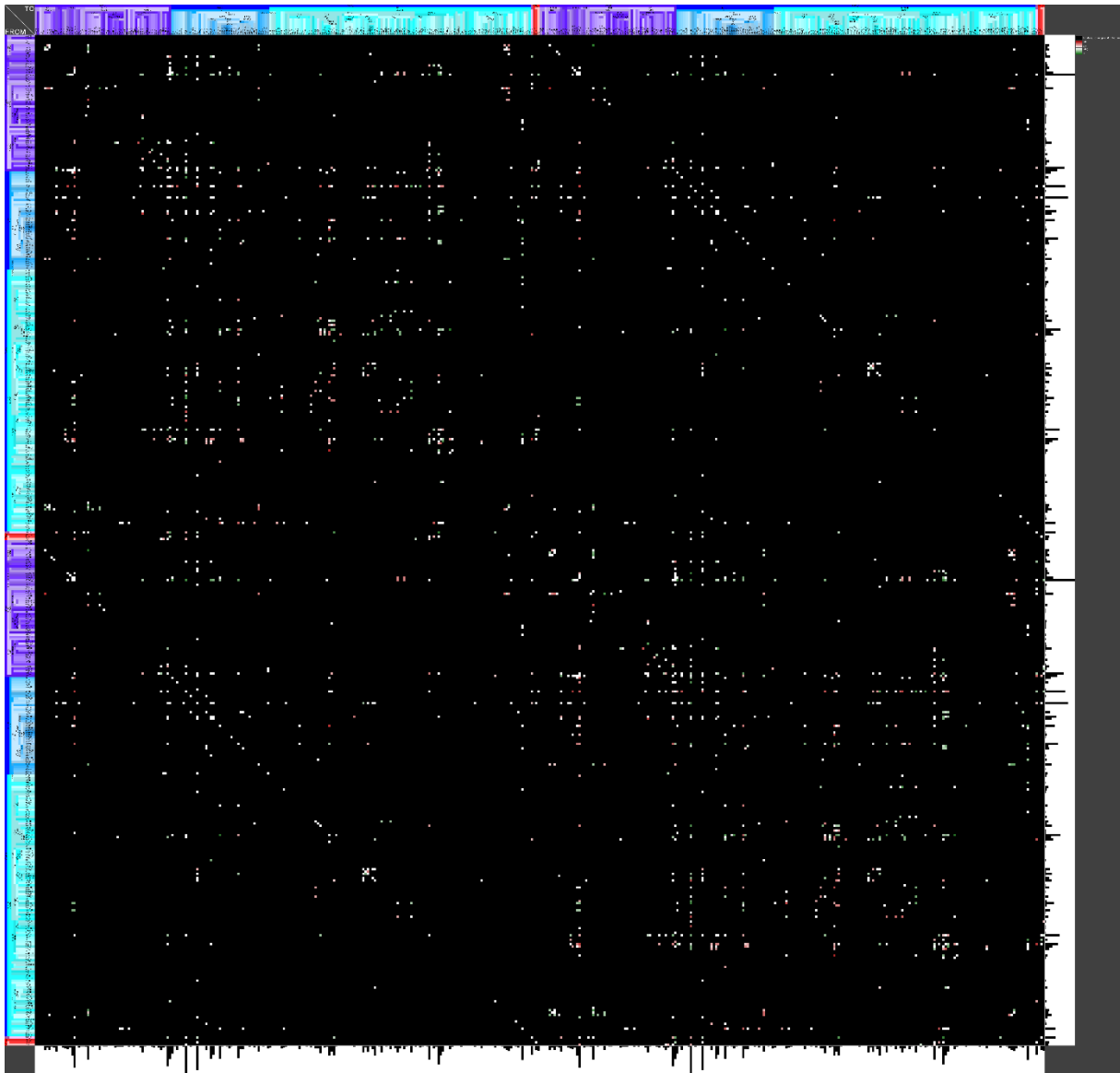
**Abbildung 67:** Die Matrix der Tracing-Verfahren des unilateralen BS-Konnektoms.



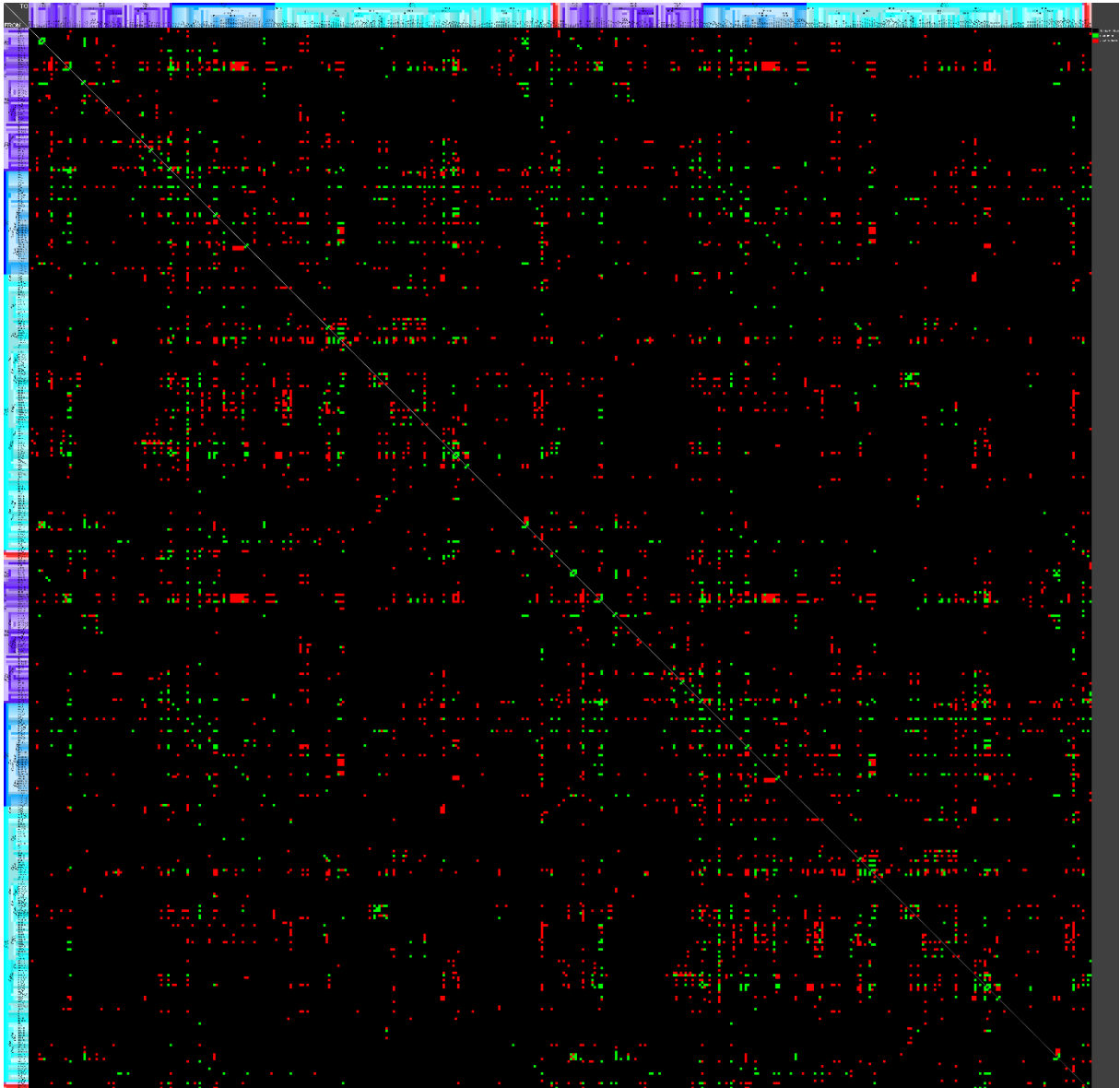
**Abbildung 68:** Matrix der Verbindungs-Diskrepanzen. Je größer die Diskrepanz der Beschreibung einer Verbindung in den Publikationen desto heller ist der Grauwert.



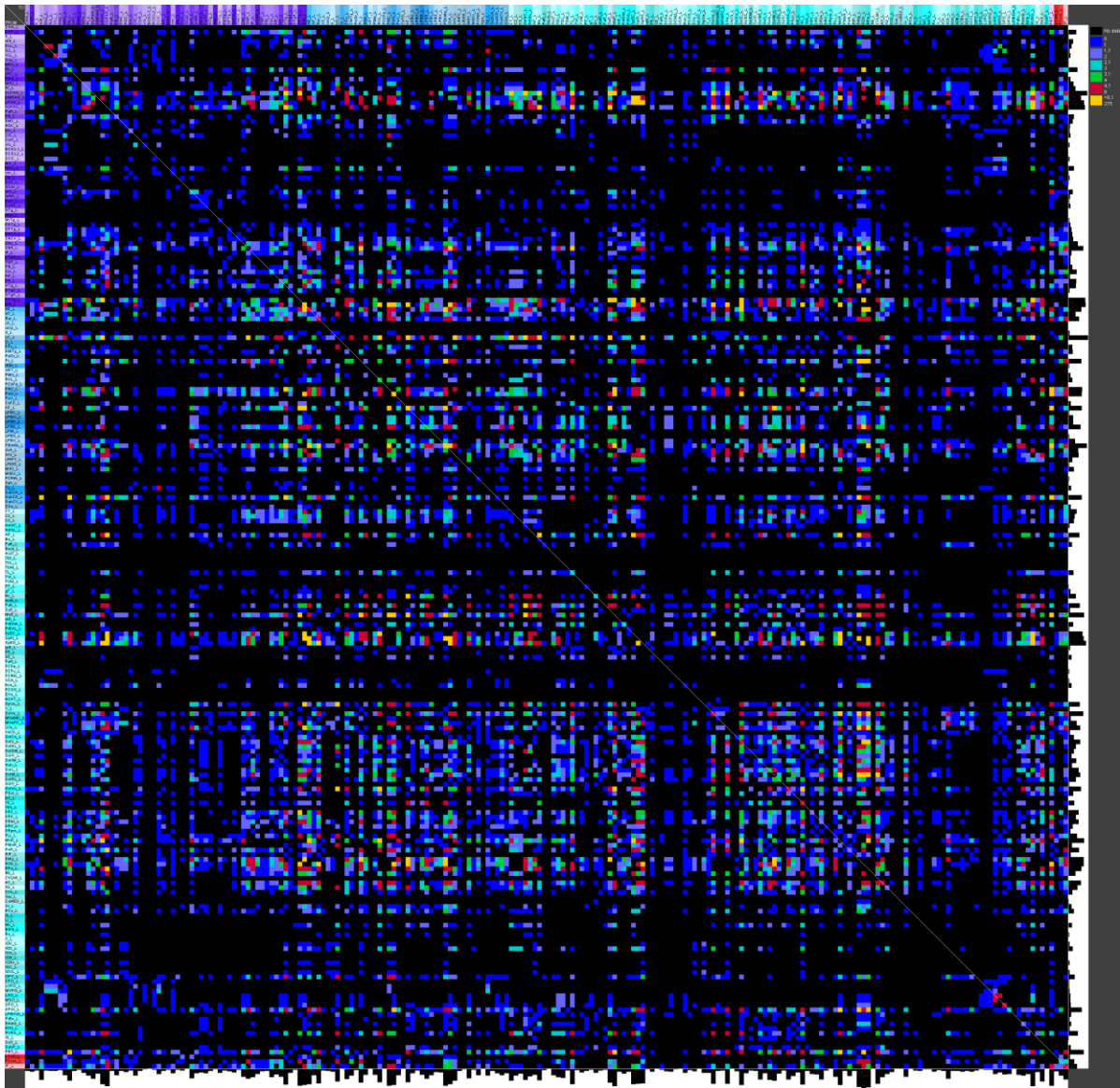
**Abbildung 69:** Matrix der Validitäten bzw. observation scores des unilateralen BS-Konnektoms mit direkten Verbindungen.



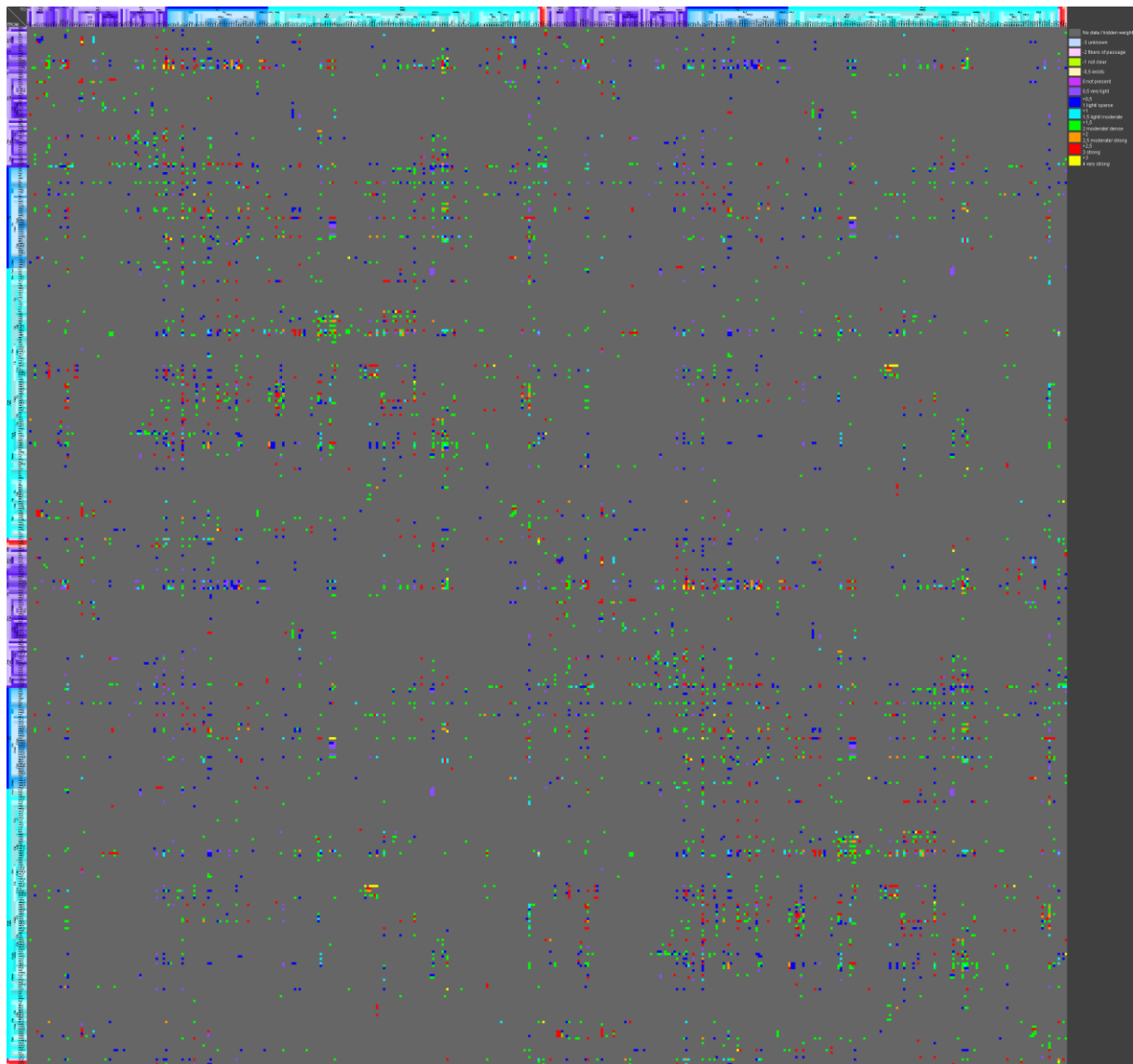
**Abbildung 70:** Bilaterale Reziprozitätsmatrix des BS-Konnektoms. In dieser Matrix werden die Nebendiagonalen zwischen gleichen Gebieten unterschiedlicher Hemisphären sichtbar.



**Abbildung 71:** Bilaterales BS-Konnektom mit Reziprozitäten (grün) und nicht reziproken Verbindungen (rot). Die Nebendiagonalen fallen vor allem durch grün kodierte reziproke Verbindungen auf.



**Abbildung 72:** Anzahl von Verbindungen zwischen zwei Gebieten, die über ein dazwischen liegendes Gebiet verlaufen (intermittierende Distanzmatrix). Beträgt ein Matriceintrag beispielsweise 13, so bedeutet dies, dass es 13 unterschiedliche Verbindungen von einer Region zu einer anderen Region gibt, die genau über eine andere dazwischen liegende Region verlaufen.



**Abbildung 73:** Verbindungsgewichte des bilateralen BS-Konnektoms.

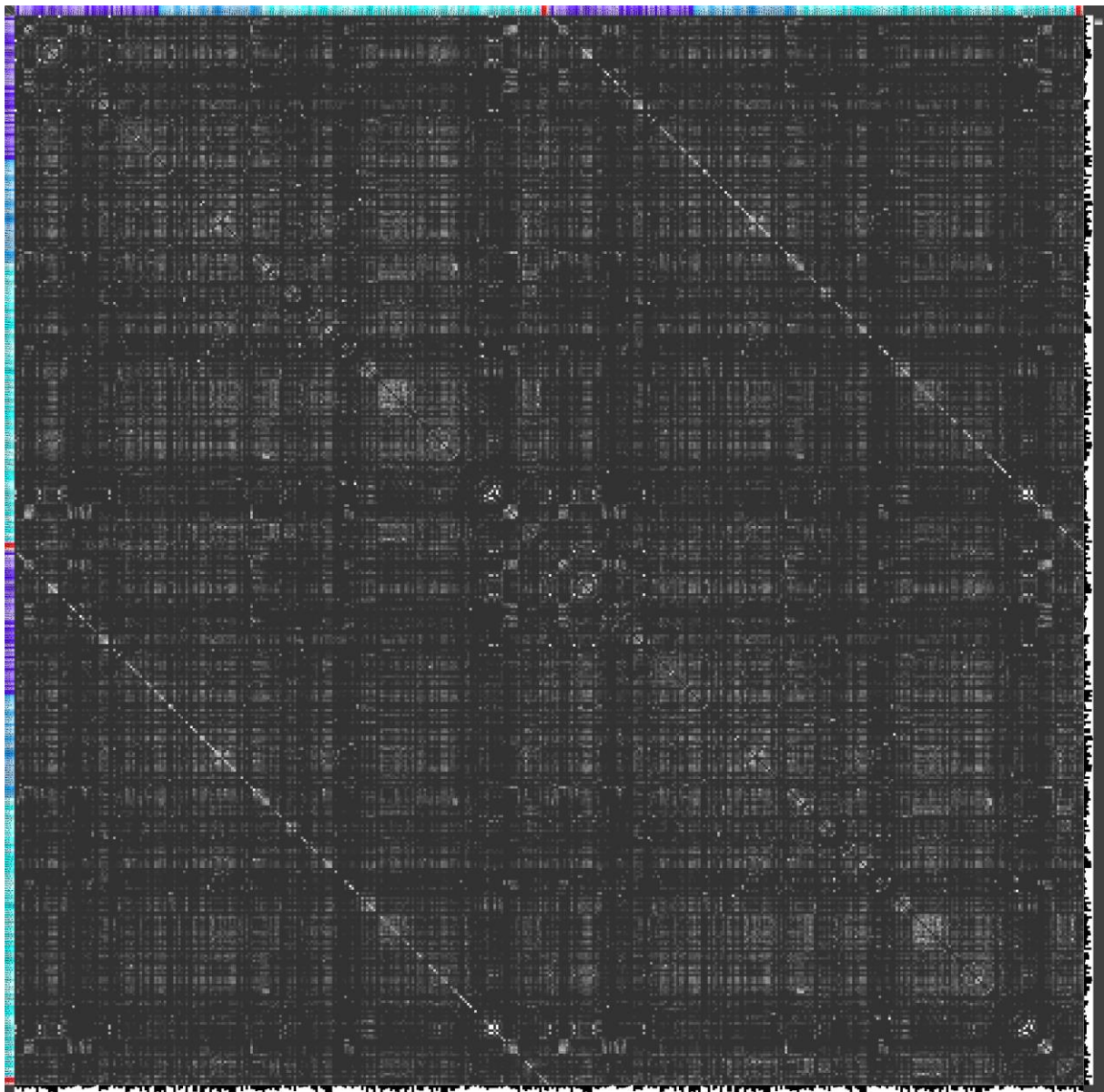
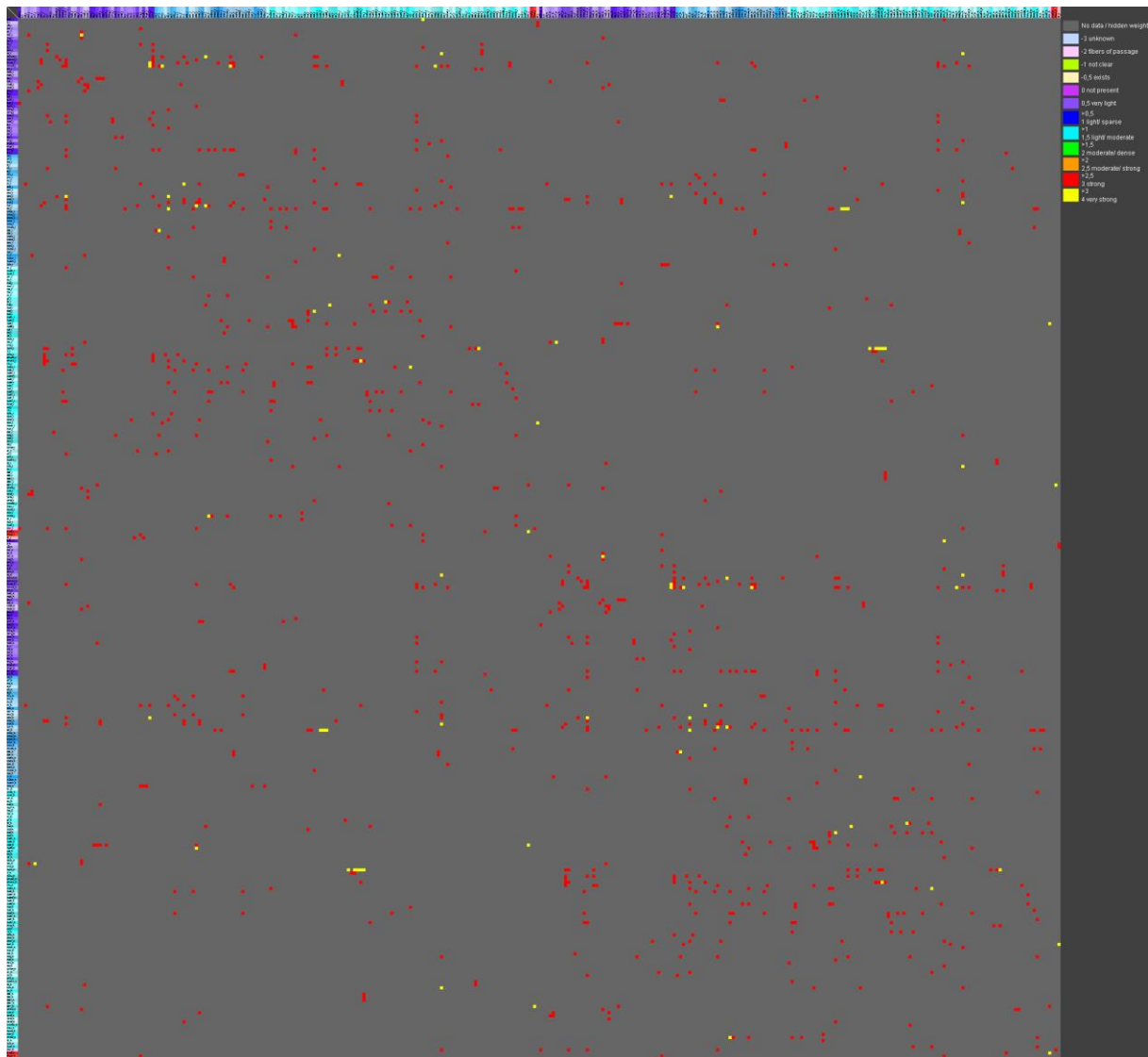


Abbildung 74: Connectivity matching index von Efferenzen und Afferenzen des bilateralen BS-Konnektoms.





**Abbildung 75:** Bilaterales BS-Konnektom. Es wurden die Verbindungen gefiltert mit Verbindungsgewichten  $\geq 3$ .

## 8 Thesen

1. Der Hirnstamm der Laborratte wird in 293 ipsilaterale Regionen untergliedert von denen 222 Verbindungen untereinander aufweisen (intrinsische Verbindungen).
2. Der Verbindungen wurden retrospektiv aus 1291 begutachteten Tract-tracing Publikationen in das Auswertungssystem *neuroVIISAS* importiert.
3. Zusätzlich wurden auch extrinsische Hirnstammverbindungen aus 2274 Publikationen berücksichtigt, die in der *neuroVIISAS* Datenbank vorlagen.
4. Mit der Pfadanalyse wurde eine häufig beschriebene Verbindung mit starken Verbindungsgewicht zwischen Sol und Amb identifiziert. Diese Verbindung ist eine wichtige intrinsische Hirnstammverbindung, die zudem reziprok ist.
5. 222 Hirnstamm-Regionen sind intrinsisch durch 1814 Verbindungen miteinander verbunden. Hiervon sind 297 Verbindungen reziprok. Die Anzahl von Verbindungen pro Gebiet beträgt 16,34, wobei die Liniendichte lediglich 3,7% beträgt. Die Regionen können im Konnektom eine zufällig andere Region im Schnitt über eine Zwischenregion erreichen (mittlere Distanz: 2,1).
6. Das intrinsische Hirnstamm-Konnektom hat eine stark ausgeprägte Kleine-Welt-Eigenschaft. Es ähnelt dem modifizierten OHO-Zufallsmodell, dem Watts-Strogatz-Modell und dem rewiring Modell mit Konstanthaltung der reziproken Verbindungen.
7. Das bilaterale Hirnstamm-Konnektom verfügt über 448 intrinsisch verbundene Gebiete von insgesamt 620 Hirnstamm-Regionen. Die 448 Gebiete werden durch 5352 Projektionen miteinander verbunden. 1684 Verbindungen sind kontralateral und 826 Verbindungen reziprok.
8. Mit der Modularitätsanalyse wurden 4 Module identifiziert von den 2 Module die meisten Hirnstamm-Regionen beinhalten.
9. Die lokale Netzwerkanalyse des unilateralen Hirnstamm-Konnektoms ergab eine besonders große Bedeutung (kleinste Rangzahlen oder höchste Ränge) von RVRG, ROb, KF und Sp5C, obwohl LC mit 118 Verbindungen die meisten intrinsischen Verbindungen besitzt.
10. Mit der Motivanalyse wurde gezeigt, dass das zirkuläre 3-Knotenmotiv leicht signifikant häufiger im unilateralen Hirnstamm-Konnektom auftritt im Vergleich zu 10000 Randomisierungen mittels Rewiring-Verfahren mit Konstanthaltung von reziproken Verbindungen.
11. Besonders vulnerable Regionen sind EW und LC, wie sich aus der Vulnerabilitätsanalyse ergab.

12. Die Netzwerk Darstellung der Rich-Club Regionen ergab eine massive intrinsische Rich-Club Konnektivität. Dies bedeutet, dass Hirnstamm-Regionen, die einen besonders großen Verbindungsgrad haben und damit zur Rich-Club Gruppe der Hirnstammregionen gehören, untereinander größtenteils reziprok verbunden sind.
13. Multidimensionale Skalierung und das neu implementierte Selbstorganisierende Karten-Verfahren ergaben dichte Zusammenlagerungen von konnektional ähnlichen Regionen wie die Untergebiete von Sol, PAG und Sp5.
14. LC besitzt von allen Hirnstamm-Regionen die meisten extrinsischen Verbindungen. Danach folgen A5, PPTg, und RMg.

## 9 Publikationen

### Abstracts:

1. Schmitt O, Eipert P, Morawska P, Klünker A-C, Meinhardt J, Lessmann F, **Beier J**, Kadir K, Karnitzki A, Jenssen J, Kuch L, Sellner L, Wree A (2014). Integrating the peripheral and central nervous system connectomes of the rat at micro-, meso- and macroscale levels. ``Micro-, Meso- and macro- connectomics of the brain``, Fondation Ipsen, Paris May 5, 2014.
2. Schmitt O, Eipert P, Hoffmann R, Morawska P, Klünker A-C, Meinhardt J, Lessmann F, **Beier J**, Kadir K, Karnitzki A, Jenssen J, Kuch L, Sellner L, Wree A (2014) Central and peripheral monosynaptic, polysynaptic and collaterals connectivity in the rat. INCF conference. Leiden 25.8.-27.8.2014.
3. Schmitt O, Eipert P, Klünker A-C, Meinhardt J, Lessmann F, **Beier J**, Kadir K, Karnitzki A, Jenssen J, Kuch L, Wree A (2015) The rat connectome: All known connections of the rat nervous system in one database. 11th Göttingen Meeting of the German Neuroscience Society 2015.
4. Schmitt O, Eipert P, Schwanke S, Klünker A-C, Meinhardt J, Leßmann F, **Beier J**, Karnitzki A, Jenssen J, Kadir K, Kuch L, Sellner L (2016) neuroVIISAS was also build for the ferretome. Ferret Brain Meeting 2016. Hamburg 30.6.1.7.2016.
5. Schmitt O, Eipert P, Schwanke S, Klünker A-C, Meinhardt J, Leßmann F, **Beier J**, Karnitzki A, Jenssen J, Kadir K, Kuch L, Sellner L (2016) The cortical connectome of the rat. Anatomische Gesellschaft, Göttingen 2016.
6. Schmitt O, Eipert P, Schwanke S, Klünker A-C, Meinhardt J, Leßmann F, **Beier J**, Karnitzki A, Jenssen J, Kadir K, Kuch L, Sellner L (2016) Hippocampal connectomics of the laboratory rat. Anatomische Gesellschaft, Göttingen 2016.
7. Schmitt O, Lessmann F, Schwanke S, Eipert P, Meinhardt J, **Beier J**, Kadir K, Karnitzki A, Sellner L, Klünker A-C, Kuch L, Ruß F, Jenssen J, Wree A (2017) Differential connectomics of the rat thalamus. Computational Neuroscience Meeting 2017 Antwerpen.
8. Schmitt O, Lessmann F, Schwanke S, Eipert P, Meinhardt J, **Beier J**, Kadir K, Karnitzki A, Sellner L, Klüncker A-C, Kuch L, Ruß F, Jenssen J-C, Wree A (2017) Connectomics of the rat hypothalamus. 112th Annual Meeting / 32. Arbeitstagung der Anatomischen Gesellschaft, 20.9.-22.9.2017.

Originalartikel:

Schmitt O, Eipert P, Schwanke S, Lessmann F, Meinhardt J, **Beier J**, Kadir K, Karnitzki A, Sellner L, Klünker A-C, Kuch L, Ruß F, Jenssen J (2019) Connectome verification: inter-rater and connection reliability of tract-tracing based intrinsic hypothalamic connectivity. *Briefings in Bioinformatics* 20: 1944-1955.

Schmitt O, Eipert P, Russ, F, **Beier J**, Kadir K, Horn A (2020) The brainstem connectome database. *Scientific Data*, in Revision.

## **Erklärung**

Die Dissertation wurde bisher weder vorher noch gleichzeitig in gleicher oder ähnlicher Form bei einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Ich versichere an Eides Statt, dass ich die vorliegende Dissertation selbständig und ohne fremde Hilfe, bis auf die Personen denen in der Danksagung gedankt wird, verfasst und andere als die von mir angegebenen Hilfsmittel und Quellen nicht benutzt habe. Die in den verwendeten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen wurden als solche kenntlich gemacht.

Ich erkläre, dass ich noch kein Promotionsverfahren an einer anderen wissenschaftlichen Einrichtung erfolglos beendet habe und dass eine Aberkennung eines erworbenen Doktorgrades nicht vorliegt.

Rostock, den

## **Lebenslauf**

Julia Beier

Geboren am 12.11.1989 in Stralsund

### **Schulbildung**

1996-2000	Fritz-Reuter Grundschule
2000-2005	Johannes-Bugenhagen Gymnasium Franzburg
2005-2009	Freie Waldorfschule Greifswald
07.07.2009	Erlangen der allgemeinen Hochschulreife

### **Freiwilliges Soziales Jahr**

14.09.2009-01.09.2010	Ableistung eines Freiwilligen Sozialen Jahres im Pflegeheim der Wohlfahrtseinrichtungen der Hansestadt Stralsund
-----------------------	--

### **Hochschulstudium**

Oktober 2010	Beginn des Studium der Humanmedizin an der Universität Rostock
Feb./März 2013	Ablegung des Physikums an der Universität Rostock
Oktober 2016	Ablegung des 2. Staatsexamen der Humanmedizin an der Universität Rostock
November 2017	Ablegung des 3. Staatsexamen der Humanmedizin an der Universität Rostock

## **Danksagung**

Ganz besonders danken möchte ich Herrn Professor Oliver Schmitt, der mich bei der Bearbeitung meiner Dissertation stets unterstützte, immer ein offenes Ohr und die richtige Antwort auf all meine Fragen hatte. Ohne sein Engagement wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

Ein weiterer Dank geht an Herrn Dr. Peter Eipert für die tatkräftige Unterstützung bei der Analyse der Konnektomdaten und an Herrn Professor Andreas Wree für die Unterstützung meiner Dissertation.

Abschließend möchte ich mich noch herzlich bei meiner Mutter und meinem Onkel Volker Heine bedanken, die mich auf meinem bisherigen Bildungsweg stets unterstützt haben und mir diesen überhaupt erst ermöglicht haben.